รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การใช้เศษต้นมันสำปะหลังเป็นมวลรวมน้ำหนักเบาสำหรับผลิตภัณฑ์
คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น

Using Cassava Pit Waste as Light Weight Aggregate for Hollow Load Bearing Concrete Masonry Product with Moisture Content Control Type

คณะผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ วีรานุกูล
อาจารย์อิทธิ วีรานุกูล
ว่าที่ร้อยเอก ดร.กิตติพงษ์ สุวีโร

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณประจำปี 2561
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง ใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1: เถ้าแกลบ: หินฝุ่น: เศษต้นมันสำปะหลัง: สารลดน้ำประเภท A: น้ำประปา จำนวน 6 อัตราส่วน เท่ากับ 0.7: 0.3: 10: 0: 0.02: 0.6, 0.7: 0.3: 9.9: 0.1: 0.02: 0.6, 0.7: 0.3: 9.7: 0.3: 0.02: 0.6, 0.7: 0.3: 9.4: 0.6: 0.02: 0.6, 0.7:0.3: 9.1: 0.9: 0.02: 0.6 และ 0.7: 0.3: 8.8: 1.2: 0.02: 0.6 โดยน้ำหนัก ขึ้นรูปตัวอย่างคอนกรีตบล็อกด้วยขั้นตอนการผลิตเช่นเดียวกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป ทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน มอก.57-2533 จากผลการทดสอบ พบว่า อัตราส่วนของเศษต้นมันสำปะหลังที่ดีที่สุดสำหรับผสมลงในคอนกรีตบล็อก คือ อัตราส่วน 0.7: 0.3: 9.7: 0.3: 0.02: 0.6 ซึ่งปริมาณเศษต้นมันสำปะหลังที่เหมาะสม สามารถลดความหนาแน่นหรือน้ำหนักต่อก้อนให้ต่ำลงได้ และช่วยเพิ่มความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป อย่างไรก็ตาม การผสมปริมาณเศษต้นมันสำปะหลังที่มากเกินไป มีผลทำให้การดูดกลืนน้ำเพิ่มขึ้น และความต้านทานแรงอัดลดลงได้

คำสำคัญ: เศษต้นมันสำปะหลัง คอนกรีตบล็อก มวลรวมน้ำหนักเบา

Abstract

This research aims to develop the concrete blocks mixed with cassava pit waste. There are 6 mixing ratios among Portland cement type1: rice hush ash: quarry dust: cassava pit waste: water reducer type A: tap water that include 0.7: 0.3: 10: 0: 0.02: 0.6, 0.7: 0.3: 9.9: 0.1: 0.02: 0.6, 0.7: 0.3: 9.7: 0.3: 0.02: 0.6, 0.7: 0.3: 9.4: 0.6: 0.02: 0.6, 0.7: 0.3: 9.1: 0.9: 0.02: 0.6, and 0.7: 0.3: 8.8: 1.2: 0.02: 0.6 by weight. The concrete block samples were casted same as the ordinary concrete blocks and test were conducted according to TIS.57-1990 standard. From the results, the best proportion of concrete block mixed with coconut shell ash is 0.7: 0.3: 9.7: 0.3: 0.02: 0.6. The proper ratios of cassava pit waste can decrease the density or weight and increase the thermal insulation of concrete blocks. However, the over amounts of cassava pit waste that effected to increase the water absorption and decrease the compressive strength properties of concrete blocks.

Keywords: cassava pit waste; concrete block; lightweight aggregate

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
สารบัญ	ค
สารบัญรูป	จ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	6
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	6
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	8
2.1 คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก	8
2.2 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	11
2.3 มวลรวม	13
2.4 ต้นมันสำปะหลัง	14
2.5 เถ้าแกลบ	14
2.6 สารเคมีผสมเพิ่ม	15
2.7 น้ำยางพารา	17
2.8 สมมติฐาน	17
2.9 กรอบแนวความคิด	18
2.10 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง	18
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	22
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	22
3.2 การออกแบบส่วนผสม	25
3.3 การขึ้นรูปคอนกรีตบล็อก	26
3.4 การทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อก	29
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	32
4.1 ลักษณะโดยทั่วไป	32
4.2 ความหนาแน่น	33
4.3 การดูดกลืนน้ำ	34
4.4 ความต้านทานแรงอัด	36
4.5 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน	38
4.6 การใช้งานจริง	39
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	41
5.1 สรุปผล	41
5.2 ข้อเสนอแนะ	41

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
เอกสารอ้างอิง	42
ภาคผนวก	44
ก มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.57-2533	
ข บทความสำหรับเผยแพร่	

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก มิติพิกัด 1 ½x 2 x 2	1
1.2	สถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน MRT	2
1.3	อาคารผู้โดยสารสนามบินสุวรรณภูมิ	2
1.4	เขื่อนน้ำเทิน ประเทศลาว	2
1.5	การใช้รถไถขุดหัวมันสำปะหลังขึ้นมา	3
1.6	หัวมันสำปะหลังที่ตัดลำต้นออกแล้ว	3
1.7	ต้นมันสำปะหลังสำหรับเพาะปลูกในฤดูกาลใหม่และนำมาใช้ในงานวิจัย	4
1.8	แกลบที่ได้จากการสีข้าวเปลือกก่อนทำการเผา	4
1.9	ขี้เถ้าที่ได้จากการเผาแกลบหรือเถ้าแกลบ	5
1.10	น้ำยางพารา	6
2.1	กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	18
2.2	ขั้นตอนการก่อตัวของชั้นฟิล์มจากน้ำยางในคอนกรีต	20
3.1	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1	22
3.2	หินปูนหรือหินฝุ่น	22
3.3	การเดินทางมาที่ไร่ปลูกต้นมันสำปะหลัง	23
3.4	เศษต้นมันสำปะหลังที่นำไปใช้ในการวิจัย	23
3.5	การร่อนเถ้าแกลบผ่านตะแกรง	23
3.6	เครื่องผสมคอนกรีต	24
3.7	เครื่องย่อยเศษไม้	24
3.8	เครื่องอัดคอนกรีตบล็อกแบบสั่นเขย่า	25
3.9	เครื่องทดสอบอเนกประสงค์	25
3.10	การย่อยเศษต้นมันสำปะหลังด้วยเครื่อง	26
3.11	เศษต้นมันสำปะหลังที่ผ่านการย่อยแล้ว	26
3.12	การผสมน้ำประปาและสารเคมีผสมเพิ่ม	27
3.13	การเทหินฝุ่นลงในเครื่องผสมคอนกรีต	27
3.14	การเทปูนซีเมนต์ลงในเครื่องผสมคอนกรีต	27
3.15	การเทเศษต้นมันสำปะหลังลงในเครื่องผสมคอนกรีต	28
3.16	การผสมส่วนผสมที่เติมน้ำประปาและสารเคมีผสมเพิ่มแล้วให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมคอนกรีต	28
3.17	การนำส่วนผสมเข้าเครื่องอัดและเขย่าเป็นคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง	28
3.18	คอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลังที่อัดขึ้นรูปแล้ว	29
3.19	การบ่มคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลังด้วยพลาสติก	29
3.20	การแช่คอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลังในน้ำเพื่อหาค่าการดูดกลืนน้ำ	30
3.21	การอบคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลังเพื่อหาค่าการดูดกลืนน้ำ	30
3.22	การทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง	31
4.1	ลักษณะโดยทั่วไปของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง	32
4.2	พื้นผิวของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง	32

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.3	ผลการทดสอบน้ำหนักเฉลี่ย 5 ก้อนของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง	33
4.4	ผลการทดสอบความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง	34
4.5	ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง	35
4.6	ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำสูงสุดของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง	36
4.7	ผลการทดสอบแรงอัดประลัยของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง	37
4.8	ผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง	37
4.9	ผลการทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง	38
4.10	โครงสร้างอาคารขนาด 2.5 x 2.5 เมตร สูง 2.5 เมตร สำหรับก่อผนังด้วยคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง	39
4.11	การทดลองก่อผนังอาคารด้วยคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง	40
4.12	ผนังอาคารที่ก่อด้วยคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง	40

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	พื้นที่ปลูกพืชในประเทศไทย (ไร่)	5
2.1	ความหนาของเปลือกและผนังกั้นโพรงของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก (หน่วยเป็นมิลลิเมตร)	8
2.2	ขนาดของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก	9
2.3	ความชื้นของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก (เฉพาะประเภทควบคุมความชื้น)	10
2.4	ความต้านแรงอัดและการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก	10
2.5	วัตถุประสงค์ในการใช้คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักชั้นคุณภาพต่างๆ	11
2.6	สารประกอบและคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ถึง 5	12
2.7	องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าแกลบประเภทต่างๆ	14
3.1	อัตราส่วนผสมของตัวอย่างคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก ประเภทไม่ควบคุมความชื้น	26

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

คอนกรีตบล็อก (hollow concrete masonry) เป็นวัสดุก่อผนังที่ได้รับความนิยมอย่างมาก แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดไม่รับน้ำหนัก (hollow nonload bearing concrete masonry) และชนิดรับน้ำหนัก (hollow load bearing concrete masonry)ซึ่งคอนกรีตบล็อกทั้ง 2 ชนิด มีจุดมุ่งหมายในการใช้งานที่แตกต่างกันตามคุณสมบัติ คือ คอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก (มาตรฐาน มอก.58) (สมอ.,2533 ก) ใช้สำหรับผนังภายในอาคารบ้าน และโครงสร้างทั่วไป ส่วนคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก (มาตรฐาน มอก. 57-2533) (สมอ.,2533ข) (รูปที่ 1.1) ใช้สำหรับผนังภายนอกหรือภายในอาคาร บ้าน โครงสร้างทั่วไป และโครงสร้างพิเศษ ซึ่งคำนวณให้ผนังคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักด้วย เช่น ผนังอาคารรถไฟฟ้าใต้ดิน MRT (รูปที่ 1.2) ผนังอาคารผู้โดยสารสนามบินสุวรรณภูมิ (รูปที่ 1.3) ผนังอาคารกำเนิดไฟฟ้า และเขื่อนน้ำเทินประเทศลาว (รูปที่ 1.4) เป็นต้นคอนกรีตบล็อกชนิดรับน้ำหนักนี้ จึงมีความแข็งแรงมากรับน้ำหนักได้มากกว่า 5 –100 ตันต่อก้อนขึ้นอยู่กับความหนาที่เลือกใช้ (ห้างหุ้นส่วนจำกัด วงกลม, 2559) ทั้งนี้ จากการสำรวจเบื้องต้น พบว่า อาคารหรือบ้านพักอาศัยเกือบทั้งหมดเลือกคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักสำหรับใช้เป็นวัสดุก่อผนังทั้งภายในและภายนอกอาคาร ทำให้ผนังไม่แข็งแรงเท่าที่ควร โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเกิดการวิบัติของโครงสร้างหลัก ผนังที่ก่อด้วยคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักจึงไม่สามารถช่วยลดความเสียหายของการวิบัติได้ เนื่องจากมีความต้านทานแรงอัดต่ำมาก นอกจากนี้ เนื้อของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก ยังมักมีค่าการดูดซึมน้ำที่ค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับคอนกรีตบล็อกชนิดรับน้ำหนัก ทำให้อาคารหรือโครงสร้างที่ใช้คอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก ต้องทำการฉาบด้วยปูนซีเมนต์ที่หนาและจำเป็นต้องผสมน้ำยากันซึมในปริมาณมาก ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองต้นทุนและระยะเวลาในการก่อสร้างแต่ประโยชน์ของการใช้คอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักในการก่อสร้าง คือ ราคาถูก น้ำหนักเบา และหาซื้อได้ง่าย

รูปที่ 1.1 คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก มิติพิกัด 1 ½x 2 x 2

รูปที่ 1.2 สถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน MRT

รูปที่ 1.3 อาคารผู้โดยสารสนามบินสุวรรณภูมิ

รูปที่ 1.4 เขื่อนน้ำเทิน ประเทศลาว

โครงการ “การใช้เศษต้นมันสำปะหลังเป็นมวลรวมน้ำหนักเบาสำหรับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น” จึงเป็นการพัฒนาคอนกรีตบล็อกชนิดรับน้ำหนักให้มีราคาถูก และน้ำหนักเบาเทียบเท่าคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก แต่มีคุณสมบัติด้านความแข็งแรงและความทึบน้ำที่

ดีกว่าคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักทั่วไปมาก โดยใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ภายในชุมชนเป็นหลัก คือ ต้นมันสำปะหลัง เนื่องจากเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของไทยที่สามารถเพาะปลูกได้ตามภูมิภาคต่างๆ มากกว่า 40 จังหวัด ทนแล้ง เจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีลักษณะต่างๆ รวมทั้ง มันสำปะหลังยังเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อาหารเครื่องดื่ม อาหารสัตว์ ผงชูรส สารความหวาน ยารักษาโรค เครื่องสำอาง กาว กรดมะนาว สิ่งทอ กระดาษ ไม้อัด แอลกอฮอล์ และเอทานอล เป็นต้น ทำให้ในระยะที่ผ่านมาประเทศไทยมีการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังไปเป็นจำนวนมาก นำเงินตราเข้าประเทศได้สูงกว่า 20,000 ล้านบาท (กรมการค้าต่างประเทศ, 2555; ศูนย์สารสนเทศการเกษตร,2545) ทั้งนี้ การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังจะต้องมีการขุดหัวมันสำปะหลังขึ้นมาจากดิน (รูปที่ 1.5) แล้วจึงตัดส่วนที่เป็นต้นมันสำปะหลังออก (รูปที่ 1.6) ทำให้ต้นมันสำปะหลังเป็นส่วนที่เหลือทิ้งจำนวนมาก แม้ว่าจะมีการนำต้นมันสำปะหลังบางส่วนไปใช้เพาะปลูกในฤดูกาลถัดไป แต่ก็ใช้ในปริมาณเพียงร้อยละ 5 ของปริมาณต้นมันสำปะหลังเหลือทิ้งทั้งหมดเท่านั้นปริมาณต้นมันสำปะหลังเหลือทิ้งจึงมีมากกว่า 604,140 ตัน ดังรูปที่ 1.7

รูปที่ 1.5 การใช้รถไถขุดหัวมันสำปะหลังขึ้นมา

รูปที่ 1.6 หัวมันสำปะหลังที่ตัดลำต้นออกแล้ว

รูปที่ 1.7 ต้นมันสำปะหลังสำหรับเพาะปลูกในฤดูกาลใหม่และนำมาใช้ในงานวิจัย

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา แสดงให้เห็นว่า ต้นมันสำปะหลัง เป็นวัสดุที่มีความคงทนสูง และสามารถนำมาผสมในผลิตภัณฑ์ เช่น แผ่นซีเมนต์บอร์ด และแผ่นฉนวนป้องกันความร้อน เป็นต้น จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำต้นมันสำปะหลังมาใช้เป็นมวลรวมน้ำหนักเบาในคอนกรีตบล็อกชนิดรับน้ำหนัก ส่วนวัตถุดิบอีกชนิดหนึ่ง คือ เถ้าแกลบ (rice husk ash)เป็นวัสดุที่เหลือทิ้งจากการสีข้าว (รูปที่ 1.8) และการเผาเพื่อผลิตกระแส (รูปที่ 1.9) ซึ่งเป็นอีกหนึ่งวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีปริมาณมากที่สุด เช่นเดียวกับต้นมันสำปะหลัง (ตารางที่ 1.1) และยังเป็นวัสดุจำพวกวัสดุปอซโซลานิก (Pozzolanic) ที่สามารถแทนที่ปูนซีเมนต์ สำหรับช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับวัสดุที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์หรือคอนกรีต โดยเฉพาะความต้านทานแรงอัดที่เพิ่มขึ้นได้กว่าร้อยละ 10 ของคอนกรีตทั่วไป (ปริญญา และชัย, 2555) รวมทั้ง อาจมีการใช้สารเคมีผสมเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้สูงขึ้นอีก ทั้งนี้ ก็เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้คอนกรีตบล็อกจากชนิดไม่รับน้ำหนักให้เป็นชนิดรับน้ำหนัก พร้อมๆ กับการปรับอัตราส่วนผสม

รูปที่ 1.8 แกลบที่ได้จากการสีข้าวเปลือกก่อนทำการเผา

รูปที่ 1.9 ขี้เถ้าที่ได้จากการเผาแกลบหรือเถ้าแกลบ

ตารางที่ 1.1 พื้นที่ปลูกพืชในประเทศไทย (ไร่)

ชนิดไม้	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคใต้	รวม
ข้าวนาปี	25,950,364	12,590,919	11,752,901	3,615,859	53,910,043
ข้าวนาปัง	361,559	854,327	3,136,422	211,682	4,583,990
ข้าวฟ่าง	39,438	533,752	532,114	-	1,105,304
มันสำปะหลัง	5,926,308	720,463	3,232,588	-	9,879,69
อ้อย	532,091	613,231	2,518,327	-	3,663,649
ปอแก้ว	960,787	-	44,668	-	1,005,455
ฝ้าย	41,164	227,689	143,414	-	412,26
ถั่วลิสง	201,877	425,186	102,063	33,493	762,619
ถั่วเหลือง	323,840	1,693,467	243,084	-	2,260,391
ถั่วเขียว	223,317	2,318,959	325,667	31,980	2,899,923
ปาล์มน้ำมัน	*	*	*	*	615,000
มะพร้าว	*	*	*	*	2,545,000
ละหุ่ง	*	*	*	*	263,400
สับปะรด	*	*	*	*	395,000

หมายเหตุ * = ไม่มีข้อมูล, ** = พื้นที่เก็บเกี่ยว

อย่างไรก็ตาม การใช้เศษต้นมันสำปะหลังและเถ้าแกลบจะมีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำที่เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากวัสดุทั้งสองชนิดมีรูพรุนค่อนข้างมาก และจากงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า น้ำยางพารา เป็นวัสดุที่สามารถผสมเข้ากับผลิตภัณฑ์จำพวกคอนกรีต แล้วช่วยลดการดูดซึมน้ำลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (รูปที่ 10) เพราะอนุภาคของเนื้อยางจะจับตัวเป็นแผ่นฟิล์มทึบน้ำแทรกอยู่ในช่องว่างต่างๆ ได้ดี (Ohama, 1987; ประชุม,2550) ทำให้โครงการวิจัยนี้เป็นการวิจัยต่อเนื่องโดยใช้ระยะเวลาในการศึกษา 2 ปี ปีที่ 1 (พ.ศ.2561) จะเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภทไม่ควบคุมความชื้น จากเศษต้นมันสำปะหลังและเถ้าแกลบ และในปีที่ 2 (พ.ศ.2562) จึงนำผลการทดสอบจากปีที่ 1 มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น โดยการเพิ่มน้ำยางพาราเป็นสารผสมลงไป

รูปที่ 1.10 น้ำยางพารา

โครงการ “การใช้เศษต้นมันสำปะหลังเป็นมวลรวมน้ำหนักเบาสำหรับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น” ในปีที่ 1 (พ.ศ.2561) นี้ เป็นการบูรณาการวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกชนิดรับน้ำหนัก ประเภทไม่ควบคุมความชื้น ให้มีคุณสมบัติที่ดีเทียบเท่าคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักทั่วไป แต่มีน้ำหนักเบา ต้นทุนการผลิตต่ำและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และส่งเสริมให้มีการเลือกใช้ชนิดของคอนกรีตบล็อกที่เหมาะสมสำหรับการก่อสร้างต่างๆ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภทไม่ควบคุมความชื้นที่มีส่วนผสมของเศษต้นมันสำปะหลังตามมาตรฐาน มอก.57-2533

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักชนิดดูดซึมน้ำต่ำ ทำการทดสอบและเปรียบเทียบคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.57-2533) เรื่องคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก ประเภทไม่ควบคุมความชื้น ชั้นคุณภาพไม่ต่ำกว่า ชั้นคุณภาพ ค

1.3.2 ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เป็นวัสดุเชื่อมประสาน

1.3.3 ใช้หินปูนหรือหินฝุ่นขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 เป็นมวลรวมหลัก

1.3.4 ใช้ต้นมันสำปะหลัง จากเกษตรกรในเขตพื้นที่ภาคกลางเป็นมวลรวมน้ำหนักเบา

1.3.5 ใช้เถ้าแกลบขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 325 จากโรงงานอุตสาหกรรมหรือเกษตรกรในเขตพื้นที่ภาคกลาง และ/หรือสารเคมีผสมเพิ่มชนิดสารลดน้ำ ประเภท A เป็นสารเพิ่มความแข็งแรง

1.3.6 ขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก ขนาด 7 x 19 x 39 เซนติเมตร ด้วยเครื่องอัดคอนกรีตบล็อกแบบสั่นเขย่า

1.3.7 โครงการวิจัยนี้ เป็นโครงการวิจัยที่มีระยะเวลาดำเนินการวิจัย 2 ปี โดยในปีที่ 2 เป็นการต่อยอดผลงานวิจัยจากปีที่ 1 ซึ่งมีขอบเขตแตกต่างกัน คือ

<u>ปีที่ 1 (พ.ศ.2561)</u>

พัฒนาคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภทไม่ควบคุมความชื้น โดยใช้ส่วนผสม ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 หินปูน ต้นมันสำปะหลัง เถ้าแกลบ/สารเคมีผสมเพิ่ม และน้ำประปา

ในการอัดขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกทำการออกแบบโดยปรับเปลี่ยนปริมาณต้นมันสำปะหลัง จำนวนไม่น้อยกว่า 5 อัตราส่วน

ปีที่ 2 (พ.ศ.2562)

พัฒนาคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น โดยใช้ส่วนผสม ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 หินปูน ต้นมันสำปะหลัง เถ้าแกลบ/สารเคมีผสมเพิ่ม น้ำยางพาราข้น สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ และน้ำประปา ในการอัดขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกทำการออกแบบโดยปรับเปลี่ยนปริมาณน้ำยางพาราข้น จำนวนไม่น้อยกว่า 5 อัตราส่วน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ต้นแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภทไม่ควบคุมความชื้นที่มีส่วนผสมของเศษต้นมันสำปะหลังตามมาตรฐาน มอก.57-2533

1.4.2 ชุมชนมีการใช้คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักในการก่อผนังภายนอกอาคารทดแทนการใช้คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักมากขึ้น

1.4.3 ชุมชนมีการนำต้นมันสำปะหลังเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์มากขึ้น

1.4.4 ต้นมันสำปะหลังเหลือทิ้ง และเถ้าแกลบมีมูลค่าเพิ่มมากขึ้น

1.4.5 เผยแพร่บทความวิจัยในวารสาร หรือผลงานวิจัยในการสัมมนาประชุมวิชาการ

1.4.6 ยื่นคำขอรับสิทธิบัตรการประดิษฐ์หรืออนุสิทธิบัตร ในนามมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1.4.7 ได้ความร่วมมือทางเครือข่ายงานวิจัยระหว่างมหาวิทยาลัย บริษัทฯ ผู้ผลิตและจำหน่ายวัสดุก่อสร้าง

1.4.8 หน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ คือ หน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน และกลุ่มชุมชนในพื้นที่ที่สนใจทั่วไป

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

โครงการ “การใช้เศษต้นมันสำปะหลังเป็นมวลรวมน้ำหนักเบาสำหรับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น” มีการทบทวนวรรณกรรม ทฤษฎี สมมติฐาน และกรอบแนวความคิดที่ใช้ ซึ่งสามารถสรุปได้ ดังต่อไปนี้

2.1 คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก

คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก (hollow load–bearing concrete masonry) หมายถึงก้อนคอนกรีตที่ทำมาจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์น้ำและวัสดุผสมที่เหมาะสมชนิดต่างๆและจะมีสารอื่นผสมอยู่ด้วยหรือไม่ก็ได้ใช้สำหรับผนังที่ออกแบบให้รับน้ำหนักบรรทุกและน้ำหนักตัวเอง มีการควบคุมมาตรฐานโดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก (มอก.57-2533) ซึ่งออกโดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ., 2533ข)

2.1.1 ประเภทของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก

คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักซึ่งทำขึ้นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.57-2533 แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือประเภทควบคุมความชื้น, ประเภทไม่ควบคุมความชื้น

2.1.2 ชั้นคุณภาพของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก

คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักแต่ละประเภทแบ่งออกเป็น 3 ชั้นคุณภาพคือชั้นคุณภาพกใช้สำหรับกำแพงภายนอกทั้งต่ำกว่าและเหนือระดับดินโดยไม่มีการป้องกันผิวแต่อย่างใดเช่นใช้ในกรณีซึ่งการรั่วซึมจากน้ำใต้ดินหรือฝนไม่ทำความเสียหายต่องานนั้นชั้นคุณภาพขใช้สำหรับกำแพงภายนอกทั้งต่ำกว่าและเหนือระดับดินแต่มีการป้องกันผิว และชั้นคุณภาพคใช้ทั่วไปสำหรับกำแพงภายในและกำแพงภายนอกเหนือระดับดินที่มีการป้องกันความเสียหายเนื่องจากดินฟ้าอากาศ

2.1.3 ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก

1) ความหนาของเปลือกและผนังกั้นโพรงต้องเป็นไปตามตารางที่2หมายเหตุคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักที่ออกแบบพิเศษให้มีโลหะทนต่อการกัดกร่อนเพื่อยึดระหว่างเปลือกของก้อนอาจอนุญาตให้ทำได้ในเมื่อการทดสอบแสดงว่าโลหะยึดนั้นมีสภาพโครงสร้างเทียบเท่ากับผนังกั้นโพรงคอนกรีตในทางความยึดตัวแข็งกำลังและการยึดกับผนังกั้นโพรง

2) ขนาดของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักให้มีขนาดดังแสดงในตารางที่ 2.1 และตารางที่ 2.2 โดยจะมีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน$\pm$ 2 มิลลิเมตร

ตารางที่ 2.1 ความหนาของเปลือกและผนังกั้นโพรงของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก (หน่วยเป็นมิลลิเมตร)

ความหนาระบุของก้อน	ความหนาของเปลือกต่ำสุด	ความหนาของผนังกั้นโพรง	
		ผนังกั้นโพรงต่ำสุด	ความหนาของผนังกั้นโพรงเทียบเท่าต่ำสุดต่อความยาว 1 เมตร
90	19	19	135
140	25	25	185
190	31	25	185

หมายเหตุ

1) เฉลี่ยจากการวัด 5 ก้อนโดยวัดจากส่วนที่บางที่สุดเมื่อวัดตามวิธีที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อมาตรฐานเลขที่มอก.109

2) ผลรวมจากการวัดความหนาของผนังกั้นโพรงทั้งหมดในก้อนคูณด้วย 1,000 หารด้วยความยาวของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักเป็นมิลลิเมตร

ตารางที่ 2.2 ขนาดของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก

มิติพิกัด หนาxสูงxยาว (พ)	ขนาดที่ทำ หนา x สูง x ยาว (มิลลิเมตรxมิลลิเมตรxมิลลิเมตร)
1 x 2 x 11/2	90 x 190 x 140
11/2 x 2 x 11/2	140 x 190 x 140
2 x 2 x 11/2	190 x 190 x 140
1 x 2 x 2	90 x 190 x 190
11/2 x 2 x 2	140 x 190 x 190
2 x 2 x 2	190 x 190 x 190
1 x 2 x 3	90 x 190 x 290
11/2 x 2 x 3	140 x 190 x 290
2 x 2 x 3	190 x 190 x 290
1 x 2 x 4	90 x 190 x 390
11/2 x 2 x 4	140 x 190 x390
2 x 2 x 4	190 x 190 x 390

หมายเหตุ

ขนาดของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักที่กำหนดนี้เป็นขนาดที่ออกแบบเพื่อให้เป็นไปตามระบบการประสานทางพิกัดในการก่อสร้างอาคารซึ่งได้กำหนดหน่วยพิกัดมูลฐาน พ ให้เท่ากับ 100 มิลลิเมตรและกำหนดความหนาของปูนก่อในรอยต่อมาตรฐานเท่ากับ 10 มิลลิเมตร

2.1.4 ส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก

1) ปูนซีเมนต์ให้ใช้อย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพมาตรฐานเลขที่มอก.15 เล่ม 1 และปูนซีเมนต์ผสมควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ผสมมาตรฐานเลขที่มอก.80

2) มวลผสมคอนกรีตควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมวลผสมคอนกรีตมาตรฐานเลขที่มอก.566 ยกเว้นเกณฑ์กำหนดการคัดขนาดมวลผสมคอนกรีต

3) ส่วนผสมอื่นๆตัวทำฟองอากาศสีสารกันน้ำฯลฯที่นำมาใช้ควรเป็นสารที่เหมาะสมสำหรับใช้กับคอนกรีตและควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1.5 คุณลักษณะที่ต้องการของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก

1) ลักษณะทั่วไปของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักทุกก้อนต้องแข็งแรงปราศจากรอยแตกร้าวหรือส่วนเสียอื่นใดอันเป็นอุปสรรต่อการก่อคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักอย่างถูกต้องหรือทำให้สิ่งก่อสร้างเสียกำลังหรือความคงทนถาวรรอยร้าวเล็กน้อยที่มักเกิดขึ้นในกรรมวิธีผลิตตามปกติหรือรอยปริเล็กน้อยเนื่องจากวิธีการเคลื่อนย้ายหรือขนส่งอย่างธรรมดาจะต้องไม่เป็นสาเหตุอ้างในการไม่ยอมรับ

คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักซึ่งต้องการฉาบปูนหรือแต่งปูนต้องมีผิวหน้าหยาบพอควรแก่การจับยึดของปูนฉาบหรือปูนแต่งได้อย่างดีคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักซึ่งต้องการก่อแบบผิวเผยด้านผิวเผยจะต้องไม่มีรอยบิ่นรอยร้าวหรือตำหนิอื่นๆถ้าในการสั่งคราวหนึ่งมีก้อนซึ่งมีรอยบิ่นเล็กน้อยที่ยาวมากกว่า 25 มิลลิเมตร เป็นจำนวนไม่มากกว่าร้อยละ 5 จะต้องไม่ถือเป็นสาเหตุในการไม่ยอมรับการทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

2) ปริมาณความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น) เมื่อส่งถึงที่ก่อสร้างต้องเป็นไปตามตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ความชื้นของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก (เฉพาะประเภทควบคุมความชื้น)

การหดตัวทางยาว (ร้อยละ)	**ความชื้นสูงสุดร้อยละของการดูดกลืนน้ำทั้งหมด (เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน)**		
	ความชื้นสัมพัทธ์รายปีเฉลี่ย (ร้อยละ)		
	น้อยกว่า 50	**50 ถึง 75**	**มากกว่า 75**
0.03 และน้อยกว่า	35	40	45
มากกว่า 0.03 ถึง 0.045	30	35	40
มากกว่า 0.045	20	30	35

หมายเหตุ

1) ทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีทดสอบการหดแห้งของคอนกรีตบล็อก (ในกรณีที่ยังมิได้มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าวให้เป็นไปตามASTM C 426) และทดสอบก่อนกำหนดจำหน่ายไม่เกิน 12 เดือน

2) อาศัยสถิติตามประกาศของกรมอุตุนิยมวิทยาสำหรับสถานีที่ใกล้แหล่งผลิตมากที่สุด

3) ความต้านแรงอัดและการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักเมื่อส่งถึงที่ก่อสร้างต้องเป็นไปตามตารางที่ 2.4 การทดสอบให้ปฏิบัติตามมอก.109

ตารางที่ 2.4 ความต้านแรงอัดและการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก

	ความต้านแรงอัดต่ำสุด (เมกะพาสคัล)				**การดูดกลืนน้ำสูงสุดเฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)**					
ชั้นคุณภาพ (1)	**เฉลี่ยจากพื้นที่รวม**		**เฉลี่ยจากพื้นที่สุทธิ**		**น้ำหนักคอนกรีตเมื่ออบแห้ง (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)**					
	เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน	**คอนกรีตบล็อกแต่ละก้อน**	**เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน**	**คอนกรีตบล็อกแต่ละก้อน**	**1680 และน้อยกว่า**	**1681 ถึง 1760**	**1761 ถึง 1840**	**1841 ถึง 1920**	**1921 ถึง 2000**	**มากกว่า 2000**
ก	7	5.5	14	11	240	224	208	192	176	160
ข	7	5.5	-	-	288	272	256	240	224	208
ค	5	4	-	-	-	-	-	-	-	-

2.1.6 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสินของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก

1) รุ่นในที่นี้ หมายถึงคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภทชั้นคุณภาพและขนาดเดียวกันที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

2) การชักตัวอย่างเพื่อการทดสอบให้กระทำ ณ สถานที่ผลิตและต้องให้เวลาอย่างน้อย 10 วันเพื่อทดสอบให้เสร็จ

3) การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสินให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนั้น หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้ การชักตัวอย่างให้เป็นไปตามมอก.109 เกณฑ์ตัดสิน

ในกรณีที่ทดสอบแล้วไม่ผ่าน อาจคัดบางส่วนออกแล้วชักตัวอย่างใหม่จากส่วนที่เหลือ เพื่อทดสอบใหม่ถ้าตัวอย่างจากชุดที่สองนี้ทดสอบแล้วไม่ผ่านอีกให้ถือว่าคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักทั้งรุ่นไม่เป็นไปตามมาตรฐานนี้

ตารางที่ 2.5 วัตถุประสงค์ในการใช้คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักชั้นคุณภาพต่างๆ

ลักษณะของกำแพง	ป้องกันผิว	ไม่ป้องกันผิว
กำแพงฐานรากและ กำแพงชั้นฐาน	ชั้นคุณภาพกและ ชั้นคุณภาพข	ชั้นคุณภาพก1
กำแพงภายนอก (เหนือระดับดิน)	ทุกชั้นคุณภาพ	ชั้นคุณภาพก1
กำแพงภายใน	ทุกชั้นคุณภาพ	ทุกชั้นคุณภาพ

หมายเหตุควรทาผิวด้านนอกของกำแพงด้วยน้ำยากันซึม

2.1.7 มาตรฐานในการออกแบบงานที่ใช้คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก

บล็อกผนังโดยทั่วไปมักที่จะถูกออกแบบมาเพื่อที่ใช้ในเรื่องของงานก่อเพื่อที่จะไม่ต้องทำการรับน้ำหนักโดยทั่วไปจะมุ่งเน้นในเรื่องของกระบวนการที่ใช้ในการก่ออิฐและการฉาบปูนเป็นส่วนใหญ่ซึ่งจะเป็นกระบวนการสำคัญที่สุดที่จะทำให้ผนังมีความแข็งแรงคงทนอยู่ได้และยังมีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการรับน้ำหนักอื่นๆที่วางทับโดยไม่เกิดการเสียหายหรือพังทลายได้

2.2 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

2.2.1 ชนิดปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์(Portland cement) ตามมาตรฐาน ASTM C 150(ASTM, 2010)ได้กำหนดให้เลือกใช้ตามความเหมาะสมกับงานก่อสร้างได้ 5 ชนิด (ชัชวาล, 2552)ดังนี้

1) ชนิด 1normal Portland Cement บางที่เรียก standard Portland cement เป็นชนิดมาตรฐานเหมาะที่จะให้กับงานก่อสร้างทั่งไปโดยเฉพาะงานคอนกรีตเสริมเหล็ก (reinforced concrete) ในงานอาคาร สะพาน ผิวถนน ลานบิน และอื่นๆ ได้ ประเทศไทย ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราช้าง ตราพญานาคเศียรเดียวสีเขียว ตราเพชร และตราดอกบิกปูนซีเมนต์

2) ชนิด 2modified Portland cement เป็นชนิดที่ผลิตขึ้นเพื่อต้านทานเกลือซัลเฟต เมื่อปูนซีเมนต์มีปฏิกิริยากับน้ำ (hydration) จะเกิดความร้อนต่ำ และเพิ่มขึ้นช้ากว่าปูนซีเมนต์ชนิด 1 เหมาะที่จะนำมาใช้กับงานคอนกรีตหลา (mass concrete) อุณหภูมิจะค่อยเพิ่มไม่ทำให้ เกิดความเสียหายเนื่องจากความร้อนในคอนกรีต ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราพญานาค 7 เศียร

3) ชนิด 3high-early strength Portland cement เป็นชนิดของปูนซีเมนต์ ที่ให้กำลังรวดเร็วในช่วงอายุ 24 ชั่วโมง จะมีความแข็งแรงของคอนกรีตที่ผสมด้วยปูนซีเมนต์ชนิดที่ 1ที่อายุ 3 วัน และอายุ 7 วัน เท่ากับปูนซีเมนต์ชนิด 1อายุ 28 วัน เป็นต้น จึงเหมาะที่จะนำมาใช้กับงานที่ต้องการเร่งด่วน เช่น ถนนที่มีการสัญจรคับคั่ง สนามบินจะต้องเปิดใช้ และยังเหมาะสมที่จะนำมาใช้ กับช่วงที่มีอากาศหนาว (cold weather) เพื่อให้คอนกรีตแข็งตัว ได้อย่างรวดเร็วก่อนที่น้ำที่ผสมจะแข็งตัวเสียก่อน ได้แก่ ปูนซีเมนต์ของไทยตราเอราวัณตราสามเพชร และตราพญานาคเศียรเดียวสีแดง

4) ชนิด 4low – heat Portland cement เป็นปูนซีเมนต์ชนิดพิเศษ มีอัตราความร้อนต่ำและกำลังก็เพิ่มขึ้นช้าๆ เหมาะที่จะเลือกใช้กับงานสร้างเขื่อนขนาดใหญ่

5) ชนิด 5sulfate – resistant Portland cement เป็นการจงใจที่ให้ต้านทานซัลเฟต เช่น การสร้างในบริเวณใกล้ทะเล หรือมิฉะนั้นก็อยู่ในดินเค็ม เทียบปูนซีเมนต์ในประเทศไทย ได้กับตามปลาฉลามของบริษัทปูนซีเมนต์เอเชีย

ทั้งนี้ ชนิดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ต่างๆ มีปริมาณของสารประกอบภายในปูนซีเมนต์ที่แตกต่างกัน รวมทั้ง คุณสมบัติของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แต่ละชนิดก็มีความแตกต่างกันด้วย ดังตารางที่ 2.6 ส่วนปูนซีเมนต์ตราเสือ ตราจูเห่า และตรานกอินทรีย์ เป็นพวกซิลิก้าซีเมนต์ โดยนำทราย หรือหินบดให้ละเอียดผสมเข้าไปในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิด ประมาณร้อยละ 25 – 30 เพื่อให้มีคุณสมบัติง่ายต่อการใช้งาน ลดการหดตัวเมื่อเกิดการก่อตัวของปูนซีเมนต์ ทำให้ไม่เกิดการแตกร้าว ราคาถูก เหมาะสำหรับอาคารเล็กและงานก่ออิฐฉาบปูน เพราะไม่รับกำลังมากนัก (ชัชวาล, 2552)

ตารางที่ 2.6 สารประกอบและคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ถึง 5

คุณสมบัติ	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่				
	1	2	3	4	5
C_3S	49	46	56	25	43
C_2S	25	29	15	50	36
C_3A	12	6	12	5	5
C_4AF	8	12	8	12	13
ความละเอียด (เบลน,ตร.ซม/กรัม)	3,000	3,000	4,500	3,000	3,000
กำลังอัด (3 วัน,กก/ซม)	180	150	310	80	120
ความร้อนปฏิกิริยา (28 วัน, จูล/กรัม)	400	330	430	270	310

หมายเหตุ กำลังอัดวัดจากลูกบาศก์มอร์ต้าร์ขนาด 50 มิลลิเมตร

2.2.2 องค์ประกอบของคอนกรีต

องค์ประกอบของคอนกรีต ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ หิน ทราย และน้ำ โดยเมื่อนำส่วนผสมต่างๆ เหล่านี้มาผสมกันจะมีชื่อเรียกเฉพาะ ดังนี้

1) ปูนซีเมนต์ ผสมกับ น้ำ เรียกว่า ซีเมนต์เพสต์ (cement paste)

2) ซีเมนต์เพสต์ ผสมกับ ทราย เรียกว่า มอร์ต้าร์ (mortar)

3) มอร์ต้าร์ ผสมกับ หินหรือกรวด เรียกว่า คอนกรีต (concrete)

2.2.3 หน้าที่และคุณสมบัติของส่วนผสม

หน้าที่และคุณสมบัติของส่วนผสมที่ใช้ในคอนกรีตสามารถสรุปได้ ดังนี้

1) ซีเมนต์เพสต์ ทำหน้าที่เสริมช่องว่างระหว่างมวลรวม หล่อลื่นคอนกรีตสดขณะเท ให้กำลังแกคอนกรีตเมื่อคอนกรีตแข็งตัว รวมทั้งป้องกันการซึมผ่านของน้ำ

2) มวลรวม ทำหน้าที่เป็นตัวแทรกประสานราคาถูกที่กระจายอยู่ทั่วซีเมนต์เพสต์ ช่วยให้คอนกรีตมีความคงทน ปริมาตรไม่เปลี่ยนแปลงมาก

3) น้ำ ใช้ล้างวัสดุมวลรวมต่างๆ ใช้ผสมทำคอนกรีต ใช้บ่มทำคอนกรีต ก่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นกับปูนซีเมนต์ ทำหน้าที่หล่อลื่นเพื่อให้คอนกรีตอยู่ในสภาพเหลวสามารถเทได้ เคลือบหิน ทรายให้เปียกเพื่อให้ซีเมนต์เพสต์จะสามารถเข้าเกาะได้โดยตรง

4) การก่อตัวและการแข็งตัว ปูนซีเมนต์ผสมกับน้ำ ก่อให้เกิดซีเมนต์เพสต์ที่อยู่ในสภาพเหลวช่วงเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นเพสต์จะเริ่มแข็งตัวถึงแม้มันจะยังนิ่มอยู่แต่ไม่สามารถลื่นไหลเข้าแบบได้ แล้วจุดนี้เราเรียกว่า จุดแข็งตัวเริ่มต้น (Initial Set) เวลาตั้งแต่ซีเมนต์ผสมกับน้ำจนถึงจุดอิ่มตัวเริ่มต้นเรียกว่า เวลาการก่อตัวเริ่มต้น (Initial Setting Time) การก่อตัวของเพสต์จะยังคงดำเนินต่อไปจนถึงสภาพที่เป็นของแข็งหรือจุดแข็งตัวสุดท้าย (Final Setting Time) เพสต์ยังคงแข็งตัวต่อไป และสามารถรับน้ำหนักได้ ขบวนการทั้งหมดนี้เรียกว่า การแข็งตัว (Hardening)(ชัชวาล, 2552)

2.3 มวลรวม

มวลรวม (aggregate) คือวัสดุที่ใช้สำหรับผสมกับซีเมนต์เพสต์ทำให้ผลผลิตที่ได้ออกมาเป็นคอนกรีต มวลรวมที่ใช้มากที่สุดคือ หิน และทรายคอนกรีตทั่วไปจะมีหินและทรายผสมอยู่ประมาณ ร้อยละ70 – 80ของปริมาตรคอนกรีต คุณภาพหินและทรายที่ใช้ต้องพิจารณาอย่างพิถีพิถันเนื่องจากจะมีผลกระทบต่อคุณภาพของคอนกรีตสดและคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วเป็นอย่างมาก(ชัชวาล, 2552)

2.3.1 ประเภทของมวลรวม

1) มวลรวมน้ำหนักเบา (light weight aggregate)ความหนาแน่น 300-1,100 กก/ม^3 ที่เกิดจากธรรมชาติ เช่น diatomite, pumice, scoria, volcanic cinder, tuff มีการเผาวัสดุธรรมชาติจนขยายตัวเนื่องจากก๊าซดันออกมา เช่น การเผาดินเหนียว (clay) ดินดาน (shale)และหินชนวน เป็นต้น

2) มวลรวมน้ำหนักปกติ (normal weight aggregate)ใช้ในการผลิตคอนกรีตสำหรับอาคารคอนกรีตทั่วไปความหนาแน่น 1,500 – 1,800 กก/ม^3 และความถ่วงจำเพาะประมาณ 2.5 - 2.8 ได้แก่ หินปูน หินแกรนิต หินทราย ทรายบก ทรายแม่น้ำ

3) มวลรวมน้ำหนักมาก (heavy weight aggregate)ใช้ในการผลิตคอนกรีตสำหรับอาคารป้องกันการแพร่กระจายกัมมันตภาพรังสี เช่น เตาปฏิกรณ์ปรมาณู เป็นต้นเป็นหินธรรมชาติและความถ่วงจำเพาะตั้งแต่ 4 ขึ้นไป เช่น barite, hematite, magnetite, limoniteความหนาแน่น 2,400 - 3,100 กก/ม^3

2.3.2 ขนาดเม็ดของมวลรวม

1) มวลรวมหยาบ (coarse aggregate)นิยมใช้ทั่วไปมีขนาด 10 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว) ถึง 25 มิลลิเมตร (1 นิ้ว)ส่วนใหญ่เป็นหินย่อย (crushed stone) ที่ได้จากการระเบิดภูเขาหิน แล้วนำไปย่อยให้เล็กลงตามขนาดที่ต้องการ

2) มวลรวมละเอียด (fine aggregate)ขนาดเม็ดเล็กกว่า 4.75 มิลลิเมตร แต่มีขนาดใหญ่กว่า 0.074 มิลลิเมตรที่ใช้กันทั่วไปได้แก่ ทรายแม่น้ำ ทรายบก หรือทรายเหมืองที่ผ่านการล้างสะอาดแล้ว

3) วัสดุที่มีขนาดเม็ดเล็กกว่า 0.074 มิลลิเมตรที่อาจจะปนอยู่ในทรายแบ่งเป็น 2 ชนิด คือดินตะกอน หรือหินฝุ่น (silt) ขนาดเม็ด 0.074 - 0.002 มิลลิเมตรและดินเหนียว (clay) ขนาดเม็ดเล็กกว่า 0.002 มิลลิเมตรดินตะกอนและดินเหนียวเป็นวัสดุที่ไม่พึงประสงค์สำหรับงานผลิตคอนกรีต

2.4 ต้นมันสำปะหลัง

ต้นมันสำปะหลัง เป็นเส้นใยธรรมชาติจากพืช ซึ่งเป็นหนึ่งในเส้นใยธรรมชาติจากทั้งหมด3 กลุ่มคือ เส้นใยจากพืชหรือเส้นใยเซลลูโลส เส้นใยจากสัตว์หรือเส้นใยโปรตีน และเส้นใยแร่โลหะเส้นใยจากต้นมันสำปะหลังหรือเส้นใยเซลลูโลสเป็นคาร์โบไฮเดรทชนิดหนึ่งเกิดจากเซลลูโลสยึดเกาะกันด้วยพันธะเคมีเป็นโมเลกุลใหญ่มีสูตรเป็น $(C_6H_{10}O_5)_x$โครงสร้างเคมีของเซลลูโลสมีความสำคัญต่อคุณสมบัติของเส้นใย กล่าวคือในโมเลกุลเซลลูโลสจะเกิดจากหน่วยโมเลกุลซ้ำ (repeat units) ยึดจับกันเป็นสายยาว หน่วยโมเลกุลซ้ำ คือ เซลโลไบโอส (cellobiose) เกิดจากบีต้า กลูโคส 2 โมเลกุลยึดเกาะกันด้วยพันธะ C-O-C ในโมเลกุลเซลลูโลสจะมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) อยู่มากมายจะทำหน้าที่ดึงดูดน้ำหรือเกิดปฏิกิริยาจับกับหมู่ธาตุอื่นๆ การจัดเรียงตัวของโมเลกุลเซลลูโลสมีความเป็นระเบียบ (crystalline) ค่อนข้างมากคือ 85 – 95 % และระหว่างสายโมเลกุลจะมีการยึดจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) เป็นระยะๆ ซึ่งมีผลทำให้เส้นใยเซลลูโลสมีความเหนียวแข็งแรงค่อนข้างสูงจากข้อมูลคุณสมบัติทางโครงสร้างโมเลกุลของเส้นใยธรรมชาติดังกล่าว จะเห็นได้ว่า ต้นมันสำปะหลังมีความเป็นไปได้อย่างมากที่จะนำมาเป็นส่วนประกอบของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักได้ดี(ผกามาศ และคณะ, 2559)

2.5 เถ้าแกลบ

เถ้าแกลบ (rice husk ash)เกิดจากการเผาแกลบที่ได้จากการสีข้าว ซึ่งข้าวในแต่ละตัน (1,000 กิโลกรัม) จะมีแกลบอยู่ประมาณ 200 กิโลกรัม และเมื่อนำแกลบไปเผาจะได้เถ้าแกลบประมาณ ร้อยละ 20 ของน้ำหนักของแกลบหรือประมาณ 40 กิโลกรัม และเนื่องจากเถ้าแกลบมีปริมาณซิลิกา(silica) (SiO_2) สูง จึงเป็นผลิตผลทางการเกษตรที่เหมาะสำหรับการนำมาพัฒนาทำเป็นวัสดุปอซโซลานิกหรือวัสดุปอซโซลานทดแทนในปูนซีเมนต์ได้องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าแกลบสามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 2.7 คือ เถ้าแกลบมี SiO_2สูงมากถึงประมาณร้อยละ 90 ทำนองเดียวกัน ส่วนที่เหลือเป็นออกไซด์ของโซเดียม โปรแตสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส และซัลเฟอร์ และค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา (Loss on Ignition หรือ LOI) ซึ่งตามปกติมี LOI อยู่ประมาณร้อยละ 2-5 อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาแกลบมีผลต่อค่า LOI เพราะการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จะทำให้เถ้าแกลบมี LIO สูงขึ้น และ LOI ในเถ้าแกลบส่วนใหญ่จะเป็นธาตุที่ดูดน้ำสูง ซึ่งถ้ามีในปริมาณมากจะทำให้กำลังของคอนกรีตลดลงได้(ปริญญา และชัย ,2555)

ตารางที่ 2.7 องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าแกลบประเภทต่างๆ

สารประกอบ	เถ้าแกลบ	เถ้าแกลบขาว	เถ้าแกลบดำโรงสี
SiO_2	86.9 - 97.3	88.33	89.95
K_2O	0.6 - 2.5	2.76	1.49
Na_2O	0 - 1.5	0.15	0.07
CaO	0.2 - 1.5	0.56	0.50
MgO	0.12 - 1.96	0.28	0.23
Fe_2O_3	0 - 0.6	3.37	1.89

สารประกอบ	เถ้าแกลบ	เถ้าแกลบขาว	เถ้าแกลบดำโรงสี
P_2O_5	0.2 - 2.9	N/A	N/A
SO_3	0.1 - 1.1	0.12	0.02
Cl	0 - 0.4	N/A	N/A
Al_2O_3	N/A	0.48	0.54
LOI	N/A	3.71	4.70

โดยทั่วไปแล้วเถ้าแกลบจะมีค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ระหว่าง 1.9 - 2.3 ขึ้นอยู่กับวิธีการเผา เนื่องจากเถ้าแกลบที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์จะมีสิ่งที่เผาไหม้ไม่หมดและคาร์บอนปนอยู่มาก ทำให้มีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าเถ้าแกลบที่เผาไหม้ค่อนข้างสมบูรณ์ นอกจากนี้เถ้าแกลบส่วนใหญ่ที่ใช้กันมีขนาดอนุภาคใกล้เคียงกับปูนซีเมนต์ โดยมีขนาดเฉลี่ยของอนุภาคอยู่ในช่วงประมาณ 5 – 20 ไมครอนเถ้าแกลบตามมาตรฐาน ASTM C 618(ASTM,2010)ถือได้ว่า เป็นเถ้าชีวมวลที่มีอนุภาคกลม แข็ง ละเอียด ซึ่งลอยขึ้นมาพร้อมกับอากาศที่ร้อนจากการเผาไหม้ของแกลบในโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า หรือโรงงานอื่นๆ และถูกจับด้วยเครื่องดักจับ (precipitator) แล้วจึงส่งต่อไปยังถังเก็บ ทั้งนี้การเผาแกลบที่อุณหภูมิแตกต่างกันก็จะส่งผลต่อสารประกอบต่างๆ ในเถ้าแกลบที่เปลี่ยนไป ไม่ว่าจะเป็นสมบัติทางกายภาพและเคมีโดยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในเตาเผาและวิธีการทำให้เย็นตัว ซึ่งวัสดุที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ เถ้าแกลบ และน้ำ จะมีปฏิกิริยาต่างๆ ได้แก่ ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นระหว่างปูนซีเมนต์และน้ำกลายเป็นสารประกอบ 2 ชนิด คือ แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต($3CaO.2SiO_2.3H_2O$, CSH) และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$, CH)(ปริญญา และชัย, 2555)

ปูนซีเมนต์ + น้ำ $\longrightarrow$ CSH + CH (1)

CSH จะทำหน้าที่เป็นกาวเชื่อมประสานในส่วนผสมของคอนกรีตจับตัวกัน ส่วน CH ที่เกิดขึ้นนี้ประมาณร้อยละ25 โดยปริมาตร ซึ่งไม่ก่อใช้เกิดประโยชน์อันใด เช่น เกิดเป็นฟิล์มบนผิวของคอนกรีต ทำให้การจับยึดกันระหว่างมวลรวมและมอร์ต้าร์ได้ไม่ดีนักแต่เมื่อใส่เถ้าแกลบผสมเข้าไป SiO_2ที่มีอยู่เป็นจำนวนมากในเถ้าแกลบ จะทำปฏิกิริยากับ CH และก่อให้เกิด CSH เพิ่มขึ้น(ปริญญา และชัย, 2555)

CH + SiO_2จากเถ้าแกลบ+ น้ำ $\longrightarrow$ CSH (2)

ซึ่ง CSH จะมีหน้าที่เป็นกาวช่วยปรับปรุงสมบัติต่างๆ ของคอนกรีตให้ดีขึ้น เช่น สมบัติด้านกำลังอัดความทนทาน และการต้านการซึมผ่านของน้ำ เป็นต้นทำให้คอนกรีตผสมเถ้าแกลบมีแนวโน้มของการเยิ้ม (bleeding) และการแยกตัวของคอนกรีตลดลง นอกจากนี้ความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นที่ช้าก็จะลดลงด้วยตลอดจนความทนทานก็จะเพิ่มขึ้นอีก เนื่องจากสามารถลดปริมาณน้ำที่ผสมลง และปฏิกิริยาระหว่างเถ้าแกลบกับ Ca (OH) $_2$ที่จะช่วยลดช่องว่างในเนื้อคอนกรีตได้

2.6 สารเคมีผสมเพิ่ม

สารเคมีผสมเพิ่ม ตามมาตรฐาน ASTM C125 (ASTM,2010) ได้ให้คำนิยามของสารผสมเพิ่มว่าเป็นสารใดๆที่ใช้เติมลงไปในส่วนผสมของคอนกรีตหรือมอร์ต้าร์นอกเหนือจากน้ำปูนซีเมนต์ทรายและหิน

ซึ่งอาจเติมหรือเพิ่มในขั้นตอนการผลิตปูนซีเมนต์เรียกว่า additive หรืออาจเพิ่มเข้าไปในขณะที่ทำการผสมคอนกรีตเรียกว่า admixture ซึ่งสารผสมเพิ่มสามารถแบ่งได้ 4 ประเภท(ชัชวาล, 2552)ดังต่อไปนี้

1) สารเคมีผสมเพิ่ม (chemical admixture)

2) สารกักกระจายฟองอากาศ (air – entraining agent)

3) แร่ธาตุผสมเพิ่ม (mineral admixture)

4) สารผสมเพิ่มอื่นๆ (miscellaneous admixture)

2.6.1 สารเคมีผสมเพิ่ม

สารเคมีผสมเพิ่มได้ถูกค้นพบครั้งแรกโดย Tucker, Winkler และ Scripture ซึ่งหลังจากนั้นก็ได้มีการคิดค้นสารเคมีต่างเพื่อนำมาใช้เป็นสารผสมเพิ่มในคอนกรีตอย่างกว้างขวางมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต (มอก.733) ได้แบ่งสารเคมีผสมเพิ่มออกเป็น 7 ประเภทตามมาตรฐาน ASTM C494(ASTM, 2010)คือ

1) ประเภท A สารลดน้ำ (water – reducing admixtures)

2) ประเภท B สารหน่วงการก่อตัว (retarding admixtures)

3) ประเภท C สารเร่งการก่อตัว (accelerating admixtures)

4) ประเภท D สารลดน้ำและหน่วงการก่อตัว (water – reducing and retardingadmixtures)

5) ประเภท E สารลดน้ำและเร่งการก่อตัว (water – reducing and acceleratingadmixtures)

6) ประเภท F สารลดน้ำพิเศษ (water – reducing , high range admixtures)

7) ประเภท G สารลดน้ำพิเศษและหน่วงการก่อตัว (water – reducing , high range, andretarding admixtures)

2.6.2 สารเคมีผสมเพิ่มประเภทAสารลดน้ำ

น้ำที่ผสมในคอนกรีตมีหน้าที่ที่สำคัญอยู่ 3 ประการคือเข้าไปทำปฏิกิริยาhydration กับปูนซีเมนต์ทำหน้าที่เป็นตัวหล่อลื่นทำให้ส่วนผสมคอนกรีตมีความลื่นไหลสามารถเทเข้าแบบได้และทำหน้าที่เคลือบผิวมวลรวมให้เปียกเพื่อให้ซีเมนต์เพสต์ยึดเกาะปูนซีเมนต์มีความต้องการใช้น้ำเพื่อทำปริกิริยา hydration ประมาณร้อยละ 28 ของน้ำหนักซีเมนต์แต่น้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตโดยทั่วไปจะใช้น้ำประมาณ 35% หรือใช้ W/C ประมาณ 0.35 เนื่องจากว่าเราต้องการน้ำส่วนหนึ่งให้ทำหน้าที่เป็นตัวหล่อลื่นให้คอนกรีตสดมีความลื่นไหลสามารถทำงานได้น้ำส่วนเกินนี้เรียกว่าน้ำอิสระ (free water) ซึ่งถ้าปริมาณน้ำส่วนเกินนี้มีมากจะมีผลทำให้คอนกรีตเกิดการเยิ้ม (bleeding) เกิดการแยกตัวในเนื้อคอนกรีต (segregation) กำลังรับแรงอัดต่ำลงคอนกรีตหดตัว(shrinkage)มากขึ้นและเมื่อน้ำอิสระระเหยไปก็จะทำให้เกิดเป็นโพรงในเนื้อคอนกรีตทำให้คอนกรีตขาดความทนทานดังนั้นจึงมีการใช้สารผสมเพิ่มในคอนกรีตเพื่อลดปริมาณความต้องการใช้น้ำในการผสมคอนกรีตแต่ยังคงความสามารถในการทำงานไว้สารลดปริมาณน้ำหรือที่รู้จักกันในชื่อ plasticizer เมื่อผสมลงในคอนกรีตจะทำให้คอนกรีตมีความข้นเหลวมากขึ้นมีความสามารถเทได้ดีขึ้นในขณะที่ใช้น้ำน้อยลงหรือเท่าเดิมทำให้สามารถลดความต้องการในการใช้น้ำเพื่อผสมคอนกรีตลงได้ (ประมาณร้อยละ 5 – 10)และสารลดน้ำบางชนิดยังเพิ่มปริมาณฟองอากาศและช่วยหน่วงเวลาการก่อตัวต้นของคอนกรีตได้ด้วยการใช้สารลดปริมาณน้ำในคอนกรีตมีวิธีการใช้อยู่ 3 วิธีแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้ (ชัชวาล, 2552) คือ

1) เพื่อเพิ่มความสามรถเทได้หรือทำให้คอนกรีตเหลวขึ้นทำได้โดยการใส่สารลดปริมาณน้ำในส่วนผสมของคอนกรีตโดยยังรักษาสัดส่วนของ W/C ไว้เท่าเดิมทำให้คอนกรีตมีกำลังรับแรงเท่าเดิม วิธีนี้นิยมใช้ในงานที่แบบหล่อคอนกรีตแคบมากหรือใช้ในงาน concretepump

2) เพื่อเพิ่มกำลังของคอนกรีตทำได้โดยการใส่สารลดปริมาณน้ำในส่วนผสมของคอนกรีต พร้อมทั้งลดปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมลงทำให้สัดส่วน W/C ต่ำลงคอนกรีตมีกำลังเพิ่มมากขึ้

3) เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีราคาถูกลงแต่ยังคงกำลังรับแรงไว้เท่าเดิมทำได้โดยการใส่สารลดปริมาณน้ำในส่วนผสมของคอนกรีตพร้อมทั้งลดปริมาณน้ำและซีเมนต์ที่ใช้ในการผสมลงโดยรักษาสัดส่วน W/C ไว้คงเดิมทำให้ได้คอนกรีตที่มีกำลังเท่าเดิมความสามารถเทได้เหมือนเดิมแต่ราคาถูกลงเพราะใช้ปูนซีเมนต์ในปริมาณที่น้อยลง

2.7 น้ำยางพารา

น้ำยางพารา เป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ซึ่งทางเคมีจัดเป็นสารประกอบพอลิเมอร์ (polymer) นั้น มีสมบัติพิเศษประการหนึ่งที่เป็นเอกลักษณ์ คือ มีความยืดหยุ่นสูง ทั่วไปจึงเรียกรวมๆ ว่า “elastomer” (Craig, 1969; พงษ์ธร และชาคริต, 2550) อย่างไรก็ตามตำราบางเล่มให้ความหมายคำว่า “elastomer” หมายถึง vulcanised product (Blow, 1982; เสาวรจน์, 2548) น้ำยางสดจากต้นยางโดยทั่วไปมีปริมาณเนื้อยางแห้งตั้งแต่ร้อยละ 20 ขึ้นไป และอาจถึงร้อยละ 45 (ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย) มีส่วนของสารที่ไม่ใช่ยางประมาณร้อยละ 5 นอกนั้นเป็นน้ำ เมื่อทำการขนย้ายน้ำยางสดจากสวนไปสู่โรงงานที่อยู่ไกลจึงควรทำให้น้ำยางมีความเข้มข้นมากขึ้น เพื่อความประหยัดการขนส่ง ซึ่งระดับความเข้มข้นที่นิยม คือ ร้อยละ 60 เนื้อยางแห้งโดยทั่วไปเรียกว่า “น้ำยางข้น (concentrated latex)” โดยที่การใช้น้ำยางข้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพสม่ำเสมอกว่าการใช้น้ำยางสด ทั้งนี้เนื่องด้วยสารที่ไม่ใช่เนื้อยางบางส่วนได้ถูกแยกออกจากน้ำยางขณะผ่านกรรมวิธีการทำให้น้ำยางข้นขึ้น วิธีการสำคัญสำหรับการผลิตน้ำยางข้น มี 4 วิธี คือ วิธีระเหยน้ำ (evaporation) วิธีการทำให้เกิดครีม (creaming) วิธีการแยกด้วยไฟฟ้า (electro decantation) และวิธีการปั่น (centrifuging) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมและทำกันเป็นการค้ามากที่สุดประมาณร้อยละ 90 ของการผลิตน้ำยางข้นทั้งหมด (วราภรณ์, 2549) โดยที่คุณภาพน้ำยางสดเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำยางข้นที่จะผลิต ดังนั้นสมบัติบางประการของน้ำยางสดจึงต้องตรวจสอบและควบคุม (Muniandy, 1998) การผลิตน้ำยางข้นในประเทศส่วนใหญ่รักษาสภาพน้ำยางข้นด้วยปริมาณแอมโมเนียมาก (HA) จะมีเพียงส่วนน้อยที่รักษาสภาพด้วยปริมาณแอมโมเนียร่วมกับสารช่วยบางชนิด มักเป็นระบบ LA-TZ อย่างไรก็ตามปัจจุบันได้มีการรักษาสภาพน้ำยางข้นด้วยระบบที่อยู่ระหว่าง HA กับ LA ซึ่งเรียกกันว่าน้ำยางชนิด MA (medium ammonia) (วราภรณ์, 2544) ขณะนี้ได้มีการซื้อน้ำยางชนิดนี้ตามความต้องการของคู่ค้า โดยข้อขีดจำกัดของสมบัติต่าง ๆ ของน้ำยางข้น โดยมาตรฐาน ISO นั้น ได้กำหนดสมบัติที่สำคัญเพื่อใช้ในการคำนวณเพื่อออกส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ยางเป็นองค์ประกอบ คือ ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง (total solids content; TSC) และปริมาณเนื้อยางแห้ง (dry rubber content; DRC) (วราภรณ์, 2544)

2.8 สมมติฐาน

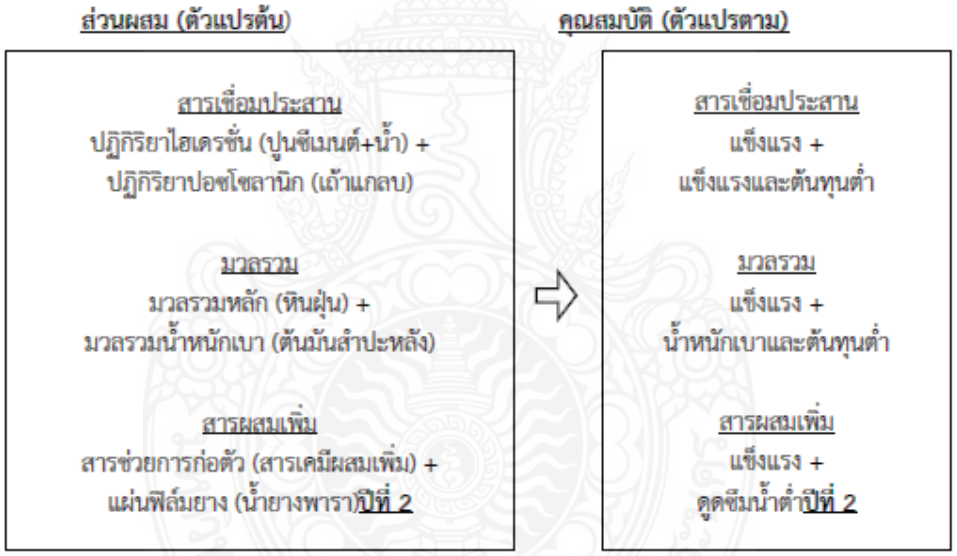
ส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักที่แตกต่างกัน มีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักที่เปลี่ยนไป ได้แก่

2.8.1 ต้นมันสำปะหลัง สามารถลดน้ำหนักของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักให้ต่ำกว่า 2,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรได้

2.8.2 เถ้าแกลบ และ/หรือสารเคมีผสมเพิ่ม สามารถช่วยเพิ่มความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักให้สูงกว่า 5 เมกะพาสคัลได้

2.9 กรอบแนวความคิด

จากทฤษฎีและสมมติฐานของโครงการ “การใช้เศษต้นมันสำปะหลังเป็นมวลรวมน้ำหนักเบาสำหรับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น” สามารถสรุปเป็นกรอบแนวความคิดได้ ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ผสมน้ำ จะทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่น (hydration) ได้ซีเมนต์เพรส (cement paste) จากนั้นเถ้าแกลบจะเข้ามาทำปฏิกิริยาปอซโซลานิก (Pozzolanic) กับซีเมนต์เพรส ได้สารเชื่อมประสานที่มีความแข็งแรงและต้นทุนต่ำ เมื่อผสมสารเชื่อมประสานเข้ากับมวลรวมหลัก คือ หินฝุ่น จะได้คอนกรีตที่มีความแข็งแรง แต่เมื่อผสมเศษต้นมันสำปะหลังที่ย่อยแล้วลงในคอนกรีตจะทำให้คอนกรีตมีน้ำหนักเบาลง และหากมีการผสมสารเคมีผสมเพิ่มก็จะช่วยให้คอนกรีตเรียงตัวกันแน่นและยึดเกาะได้มากขึ้น (กรณีการใส่เถ้าแกลบไม่สามารถเพิ่มความแข็งแรงได้ตามต้องการ) สุดท้ายเมื่อนำส่วนผสมทั้งหมดมาอัดขึ้นรูปเป็นคอนกรีตบล็อกด้วยเครื่องอัดคอนกรีตบล็อกแบบสั่นเขย่า ได้**คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักแบบไม่ควบคุมความชื้น**ที่มีความแข็งแรง น้ำหนักเบา และต้นทุนต่ำ ใน**ปีที่ 2** ของการดำเนินงานวิจัย จะทำการพัฒนาคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักแบบไม่ควบคุมความชื้นให้ผ่านมาตรฐานคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักแบบควบคุมความชื้น โดยการเติมน้ำยางพาราลงในส่วนผสม แล้วจึงอัดขึ้นรูปได้**คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักแบบควบคุมความชื้น** ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

2.10 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงการการใช้เศษต้นมันสำปะหลังเป็นมวลรวมน้ำหนักเบาสำหรับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้นในปีที่ 1 (พ.ศ.2561) สามารถสรุปได้ ดังนี้

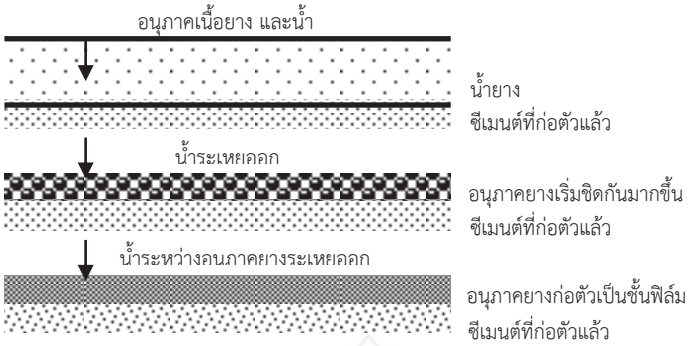
ธนัญชัย ปคุณวรกิจและคณะ (2549) ได้ศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติความเป็นฉนวนของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรระหว่างฉนวนที่ผลิตจากซังข้าวโพดกับฉนวนที่ผลิตจากต้นมันสำปะหลัง ในระดับความหนาแน่นที่ต่างกัน เพื่อหาความหนาแน่นที่สามารถลดการถ่ายเทความร้อนได้ดีที่สุด ซึ่งพบว่าฉนวนที่มีความหนาแน่นน้อยจะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำกว่าฉนวนชนิดเดียวกันที่มีความหนาแน่นมาก โดยฉนวนต้นมันสำปะหลัง ความหนาแน่น 200กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หนา 10มิลลิเมตร จะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน เท่ากับ 0.059 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน ซึ่งสามารถลดอุณหภูมิภายในให้ต่ำลง

ประมาณ 2.3 องศาเซลเซียส จึงมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นฉนวนอาคาร โดยเฉพาะบ้านเรือนในชนบท เนื่องจากมีต้นทุนต่ำและใช้วัสดุในท้องถิ่นนอกจากนี้เมื่อนำแผ่นที่ทำจากต้นมันสำปะหลัง ความหนาแน่น 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หนา 10มิลลิเมตร มาทำแผ่นผนังภายในแทนการใช้ไม้อัด พบว่าสามารถลดความร้อนเข้าสู่อาคารได้ดีกว่าไม้อัด 3.03 องศาเซลเซียส และมีต้นทุนวัสดุที่ถูกกว่ามากอย่างไรก็ตาม ฉนวนและแผ่นผนังที่ทำจากต้นมันสำปะหลังยังต้องได้รับการพัฒนาในเรื่องคุณสมบัติทางกายภาพ การป้องกันแมลง การควบคุมการผลิต รวมไปถึงการพัฒนาจากการศึกษาวิจัยไปสู่การใช้งานจริง ซึ่งปัจจุบันมีฉนวนจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอีกมากที่มีการศึกษาวิจัย เช่น ฟางข้าว หญ้าแฝก เป็นต้น ซึ่งเป็นการเพิ่มคุณค่าแก่วัสดุเหลือใช้ เพราะสามารถลดปริมาณขยะ ลดมลพิษอันเกิดจากการเผาทำลาย สร้างรายได้ให้กับชุมชนและยังสะท้อนอัตลักษณ์ทางสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นได้ด้วย

ผกามาศ ชูสิทธิ์ และคณะ (2559) ได้ศึกษาการใช้เศษต้นมันสำปะหลังผสมปูนซีเมนต์สำหรับเป็นแผ่นผนังไม้เทียม โดยใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1: ทรายละเอียด: น้ำประปา เท่ากับ 1: 0.5: 0.416 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนต้นมันสำปะหลังต่อปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เท่ากับ 0.05, 0.06, 0.07, 0.08, 0.09 และ 0.10 โดยน้ำหนัก ทำการย่อยต้นมันสำปะหลังให้มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ด้วยเครื่องบดพลาสติก ขึ้นรูปด้วยการอัดส่วนผสมลงในแบบหล่อที่อุณหภูมิห้อง(30 – 35 องศาเซลเซียส) ใช้ความหนาแน่น 0.75 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก. 878 - 2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูง พบว่า ต้นมันสำปะหลังที่ย่อยผสมกับปูนซีเมนต์สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นผนังไม้เทียมและมีคุณสมบัติต่าง ๆ ที่ดี โดยเฉพาะความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน

บุรฉัตร ฉัตรวีระ และเชิดพงศ์ วิสารทานนท์ (2545) ได้นำเถ้าแกลบมาผสมคอนกรีต พบว่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่แทนที่เถ้าแกลบในปูนซีเมนต์ที่ร้อยละ 20 สามารถพัฒนากำลังของคอนกรีตให้สูงกว่าคอนกรีตปกติได้นอกจากนี้อุณหภูมิของคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบนั้นจะลดลงเมื่อร้อยละการแทนที่ของเถ้าแกลบนั้นเพิ่มขึ้นแต่การเพิ่มขึ้นของการแทนที่นั้นจะลดความสามารถในการทำงานของคอนกรีตลงโดยส่วนผสมคอนกรีตผสมเถ้าแกลบที่ไม่บดจะมีความสามารถในการทำงานได้ที่ต่ำที่สุดซึ่งปัญหานี้สามารถแก้ไขได้ด้วยการบดที่ใช้เวลาเพิ่มขึ้นความพรุนและการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากความสามารถในการทนกรดของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบนั้นจะลดลงเมื่อร้อยละการแทนที่ของเถ้าแกลบเพิ่มขึ้นและการหดตัวแบบแห้งและแบบออโตจีเนียสของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบนั้นจะไม่มีผลกระทบที่เป็นนัยสำคัญ เมื่อร้อยละการแทนที่ของเถ้าแกลบโดยน้ำหนักน้อยกว่าร้อยละ 40

Ohama (1987) ได้อธิบายการก่อตัวของคอนกรีตผสมน้ำยางไว้ว่าน้ำยางที่ใช้ผสมจะอยู่ในรูปของสารแขวนลอย (Emulsion) โดยอนุภาคของโพลิเมอร์ (Polymer) จะแขวนลอยอยู่ในน้ำยางเหลว ซึ่งเมื่อผสมน้ำยางเข้ากับคอนกรีตแล้ว จะมีปฏิกิริยาเกิดขึ้น 2 ส่วน คือ 1) ปฏิกิริยาไฮเดรชั่น (Hydration) จากซีเมนต์ผสมกับน้ำ และ 2) ปฏิกิริยาการก่อตัวเป็นฟิล์ม (Film) ที่เกิดจากอนุภาคของโพลิเมอร์มารวมตัวกัน (Coalesce) ซึ่งการก่อตัวของชั้นฟิล์มเสมือนเป็นเนื้อเดียวกันกับคอนกรีต ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นวัสดุประสานหรือตัวยึด (Binder) ระหว่างมวลรวมเข้าด้วยกันเป็นคอนกรีต ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการก่อตัวของชั้นฟิล์มจากน้ำยางในคอนกรีต

สิทธิชัย ศิริพันธุ์ และคณะ (2548) ได้ศึกษาการนำยางพารามาใช้พัฒนางานคอนกรีต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาเทคนิคการผสมน้ำยางในคอนกรีตอย่างเหมาะสม โดยพิจารณาถึงความสามารถเทได้และกำลังรับแรงของคอนกรีตผสมน้ำยางในสัดส่วน P/C = 0.05, 0.10, 0.15, 0.20 และ 0.25 ตามลำดับ ส่วนผสมคอนกรีตใช้ ซีเมนต์: ทราย: หิน เป็น 1: 2: 4 โดยน้ำหนัก บ่มความชื้น 7 วัน ตามด้วยบ่มแห้งในอากาศที่อายุ 3, 7, 14 และ 28 วัน ตามลำดับ ผลการวิจัยพบว่า น้ำยางผสมกับคอนกรีตได้ ด้วยการผสมสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ สัดส่วน 4% โดยน้ำหนักของซีเมนต์ ด้านความสามารถเทได้พบว่าคอนกรีตจะยุบตัวแบบฮวบทั้งหมด ในด้านกำลังพบว่า คอนกรีตจะมีกำลังรับแรงอัดลดลงประมาณ 60% และมีแนวโน้มลดลง เมื่อปริมาณน้ำยางเพิ่มขึ้น โดยลักษณะการวิบัติ จะมีเส้นใยขนาดเล็กสีขาวยึดรั้งไว้ สำหรับกำลังรับแรงดัดพบว่า ลดลงประมาณ 10% ในแต่ละค่า P/C ที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อระยะเวลาการบ่มแห้งในอากาศเพิ่มขึ้นเป็น 14 และ 28 วัน ที่ P/C = 0.15 และ 0.20 กำลังรับแรงดัดของคอนกรีตจะสูงขึ้นมากกว่าคอนกรีตปกติ เนื่องจากอนุภาคเนื้อยางเกาะตัวกันเป็นชั้นฟิล์มที่แข็งแรงขึ้น จากผลการวิจัยเสนอแนะให้เลือกใช้ที่ W/C = 0.4 และ P/C = 0.15 ซึ่งจะได้กำลังรับแรงดัดมากกว่า 30 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรที่อายุบ่มแห้ง 14 วัน ขึ้นไป อย่างไรก็ตามยังไม่เหมาะกับงานโครงสร้างที่ต้องรับแรงอัด แต่อาจเหมาะกับงานซ่อมแซม เนื่องจากการยืดเหนี่ยวของน้ำยาง จะมีประโยชน์ในการเป็นตัวประสานกับคอนกรีตเดิม ทั้งนี้จึงควรศึกษาหาวิธีการพัฒนาคุณสมบัติด้านกำลังของคอนกรีตเพิ่มเติมเพื่อจะได้นำไปใช้งานในด้านอื่นเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งควรศึกษาในด้านของคุณสมบัติการเป็นฉนวนกันความร้อนอีกด้วย ว่าเหมาะสมกับการใช้งานหรือไม่

ประชุม คำพุฒ (2550) ได้ศึกษาการใช้น้ำยางพาราผสมในคอนกรีตมวลเบาพบว่า คุณสมบัติทางด้านความหนาแน่นและการเป็นฉนวนความร้อนไม่สามารถทำให้ดีกว่าคอนกรีตมวลเบาที่จำหน่ายในท้องตลาดได้ แต่คุณสมบัติด้านกำลังอัดและกำลังดัดสูงขึ้นมาก ซึ่งหากนำสมบัติที่ดีในการดำเนินงานที่ผ่านมาดังกล่าว มาใช้ปรับปรุงคุณสมบัติที่ด้อยของคอนกรีตบล็อกที่มีความหนาแน่นมาก ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูง และความแข็งแรงต่ำได้ ก็จะสามารถผลิตเป็นคอนกรีตบล็อกแบบใหม่ที่มีจุดเด่นในด้านการป้องกันการดูดซึมน้ำ และการเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี ซึ่งถ้าผลการวิจัยสำเร็จตามแนวคิดและแนวโน้มที่ได้จากการลองทดลองในขั้นต้นดังที่กล่าวมาแล้ว คอนกรีตบล็อกนี้จะมีสมบัติด้านการเป็นฉนวนกันความร้อนใกล้เคียงกับคอนกรีตมวลเบา (คอนกรีตบล็อกทั่วไปมีสมบัติการเป็นฉนวนต่ำกว่าคอนกรีตมวลเบาประมาณ 4-5 เท่า) มีการดูดซึมน้ำต่ำกว่าคอนกรีตมวลเบาและคอนกรีตบล็อกทั่วไปมาก (การป้องกันการดูดซึมน้ำนี้นับเป็นจุดเด่นมากๆ) กำลังดัดสูงกว่าคอนกรีตบล็อกและคอนกรีตมวลเบามาก กล่าวโดยสรุปคือ หากนำน้ำยางพาราผสมในคอนกรีตคาดว่า คุณสมบัติเกือบทุกอย่างจะดีกว่าคอนกรีตบล็อกและคอนกรีตมวลเบา ยกเว้นน้ำหนักต่อก้อนเท่านั้นที่ยังสูงกว่าคอนกรีตมวลเบา (หนักเท่ากับคอนกรีตบล็อก

ทั่วไป) ซึ่งเหมาะที่จะนำมาใช้กับโครงการบ้านจัดสรรมาก เพราะจุดประสงค์หลักที่บ้านจัดสรรใช้คอนกรีตมวลเบาในการก่อสร้างก็เพียงเพื่อการประหยัดพลังงานส่วนในเรื่องน้ำหนักที่เบาเป็นจุดประสงค์รอง ซึ่งหากเป็นเช่นนี้คอนกรีตบล็อกผสมน้ำยางพาราที่ได้ จะน่าใช้งานมากกว่า โดยมีข้อได้เปรียบที่ราคาต่อก้อนถูกกว่าคอนกรีตเบามาก (ราคาใกล้เคียงกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป)

จากผลการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา ทำให้ทราบถึงความเป็นไปได้ของโครงการ รวมทั้งผลของการเติมส่วนผสมต่างๆ ลงในผลิตภัณฑ์

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

การใช้เศษต้นมันสำปะหลังเป็นมวลรวมน้ำหนักเบาสำหรับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการทดลองที่ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและทำการทดสอบ ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และหน่วยงานภาครัฐอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยในปีที่ 1 (พ.ศ. 2561) มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ดังรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

3.1.2 หินปูนหรือหินฝุ่น ขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 หรือ 4.75 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 หินปูนหรือหินฝุ่น

3.1.3 ต้นมันสำปะหลังเหลือทิ้ง ดังรูปที่ 3.3 และ 3.4

รูปที่ 3.3 การเดินทางมาที่ไร่ปลูกต้นมันสำปะหลัง

รูปที่ 3.4 เศษต้นมันสำปะหลังที่นำไปใช้ในการวิจัย

3.1.4 เถ้าแกลบ ขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 325 หรือ 44 ไมโครเมตร จากโรงงานอุตสาหกรรมหรือเกษตรกรในเขตพื้นที่ภาคกลาง ดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 การร่อนเถ้าแกลบผ่านตะแกรง

3.1.5 สารเคมีผสมเพิ่มชนิดสารลดน้ำ ประเภท A

3.1.6 น้ำประปา

3.1.7 เครื่องผสมคอนกรีต ดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 เครื่องผสมคอนกรีต

3.1.8 เครื่องย่อยเศษไม้ พร้อมตะแกรงเบอร์ 4 หรือ 4.75 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 เครื่องย่อยเศษไม้

3.1.9 เครื่องอัดคอนกรีตบล็อกแบบสั่นเขย่า ดังรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 เครื่องอัดคอนกรีตบล็อกแบบสั่นเขย่า

3.1.10 แบบหล่อคอนกรีตบล็อก ขนาด ขนาด 7 x 19 x 39 เซนติเมตร

3.1.11 ตะแกรงคัดขนาด

3.1.12 เครื่องชั่งน้ำหนัก

3.1.13 ชุดทดสอบหาค่าความหนาแน่น ความชื้น และการดูดซึมน้ำ

3.1.14 เครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (UTM) ดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 เครื่องทดสอบอเนกประสงค์

3.1.15 เครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

3.2 การออกแบบส่วนผสม

ออกแบบอัตราส่วนผสมของตัวอย่างคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก ประเภทไม่ควบคุมความชื้น จำนวน 6 อัตราส่วน ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เถ้าแกลบ หินฝุ่น เศษต้นมันสำประหลัง น้ำประปา และมีการใส่สารเคมีผสมเพิ่มประเภท A ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสมของตัวอย่างคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก ประเภทไม่ควบคุมความชื้น

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์	เถ้าแกลบ	หินฝุ่น	ต้นมันสำปะหลัง	สารเคมีผสมเพิ่มประเภท A	น้ำประปา
C0	0.7	0.3	10	0	0.02	0.6
C0.1	0.7	0.3	9.9	0.1	0.02	0.6
C0.3	0.7	0.3	9.7	0.3	0.02	0.6
C0.6	0.7	0.3	9.4	0.6	0.02	0.6
C0.9	0.7	0.3	9.1	0.9	0.02	0.6
C1.2	0.7	0.3	8.8	1.2	0.02	0.6

3.3 การขึ้นรูปคอนกรีตบล็อก

3.3.1 ย่อยต้นมันสำปะหลังให้ละเอียดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ด้วยเครื่องย่อยเศษไม้ ดังรูปที่ 3.10 และ 3.11

รูปที่ 3.10 การย่อยเศษต้นมันสำปะหลังด้วยเครื่อง

รูปที่ 3.11 เศษต้นมันสำปะหลังที่ผ่านการย่อยแล้ว

3.3.2 ผสมน้ำประปาและสารเคมีผสมเพิ่มประเภท A ให้เข้ากัน ดังรูปที่ 3.12

รูปที่ 3.12 การผสมน้ำประปาและสารเคมีผสมเพิ่ม

3.3.3 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 เถ้าแกลบ หินฝุ่น เศษต้นมันสำปะหลังย่อยละเอียด และน้ำประปาที่ผสมสารเคมีผสมเพิ่มแล้ว ให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมคอนกรีต ดังรูปที่ 3.13 ถึง 3.16

รูปที่ 3.13 การเทหินฝุ่นลงในเครื่องผสมคอนกรีต

รูปที่ 3.14 การเทปูนซีเมนต์ลงในเครื่องผสมคอนกรีต

รูปที่ 3.15 การเทเศษต้นมันสำปะหลังลงในเครื่องผสมคอนกรีต

รูปที่ 3.16 การผสมส่วนผสมที่เติมน้ำประปาและสารเคมีผสมเพิ่มแล้วให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมคอนกรีต

3.3.4 นำส่วนผสมที่ผสมเข้ากันดีแล้ว มาใส่เครื่องอัดคอนกรีตบล็อกแบบสั่นเขย่า และอัดขึ้นรูปเป็นคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง ดังรูปที่ 3.17 และ 3.18

รูปที่ 3.17 การนำส่วนผสมเข้าเครื่องอัดและเขย่าเป็นคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง

รูปที่ 3.18 คอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลังที่อัดขึ้นรูปแล้ว

3.3.5 บ่มคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลังด้วยการพรมน้ำให้ชุ่ม และห่อด้วยพลาสติก เพื่อเก็บความชื้น เป็นระยะเวลาตามที่แต่ละการทดสอบกำหนด ดังรูปที่ 3.19

รูปที่ 3.19 การบ่มคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลังด้วยพลาสติก

3.4 การทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อก

ทดสอบสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง ตามมาตรฐาน มอก.57-2533 เรื่อง คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก ประเภทไม่ควบคุมความชื้น และการทดสอบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยแต่ละการทดสอบจะใช้จำนวนตัวอย่าง 5 ตัวอย่างต่อการทดสอบ ได้แก่

3.4.1 ลักษณะทั่วไป

3.4.2 ความหนาแน่น

3.4.3 การดูดกลืนน้ำ ดังรูปที่ 3.20 และ 3.21

รูปที่ 3.20 การแช่คอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลังในน้ำเพื่อหาค่าการดูดกลืนน้ำ

รูปที่ 3.21 การอบคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลังเพื่อหาค่าการดูดกลืนน้ำ

3.4.4 ความต้านทานแรงอัด ดังรูปที่ 3.22

รูปที่ 3.22 การทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง

3.4.5 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน
3.4.6 การใช้ผลิตภัณฑ์ในสถานที่จริง

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

ผลการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง ทั้ง 6 อัตราส่วน สามารถสรุปแบ่งตามการทดสอบได้ ดังนี้

4.1 ลักษณะโดยทั่วไป

ในส่วนลักษณะโดยทั่วไปของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลังทั้งหมดตามที่มาตรฐาน มอก.57-2533 กำหนด สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.1 และ 4.2

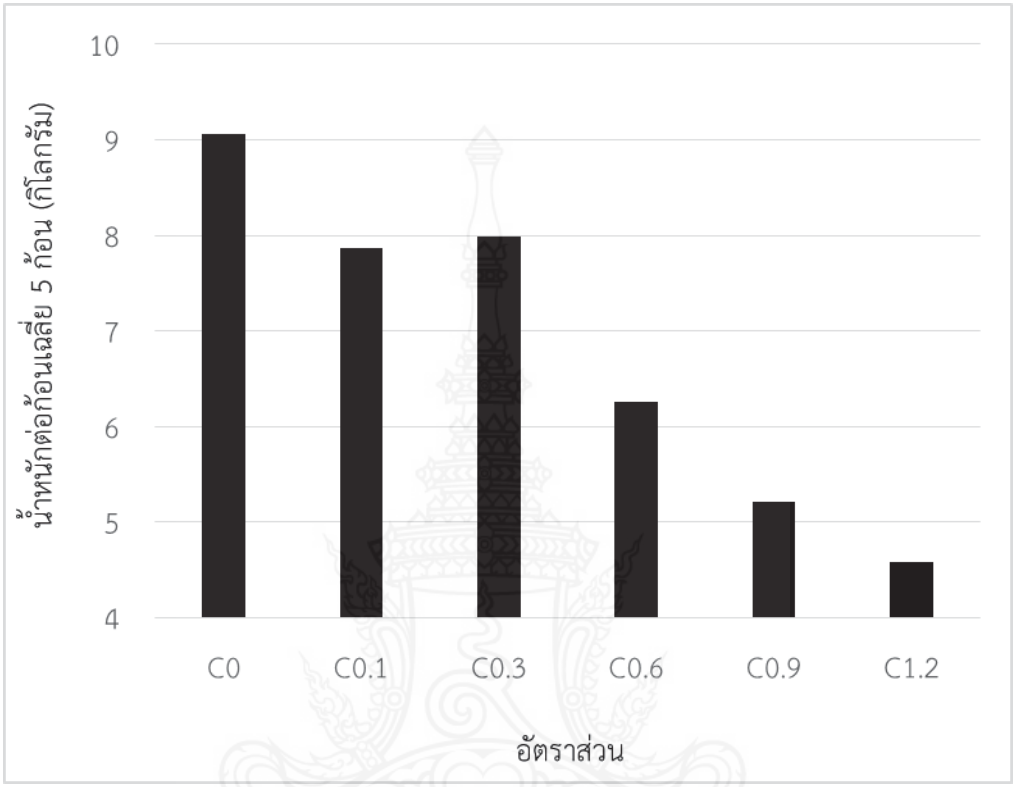
รูปที่ 4.1 ลักษณะโดยทั่วไปของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง

รูปที่ 4.2 พื้นผิวของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง

จากรูปที่ 4.1 และ 4.2 พบว่า คอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลังทุกอัตราส่วน มีลักษณะสมบูรณ์ ไม่มีรอยบิ่นหรือร้าว และส่วนผิวของคอนกรีตบล็อกทั้งหมดมีความหยาบพอควรแก่การจับยึดของปูนฉาบหรือปูนแต่งได้ดี ทำให้สามารถกล่าวได้ว่า การผสมเศษต้นมันสำปะหลังลงในผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างจำพวกคอนกรีตบล็อกไม่ส่งผลต่อคุณลักษณะที่ต้องการด้านลักษณะโดยทั่วไป ตามที่มาตรฐานคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก (มอก.57-2533) กำหนด

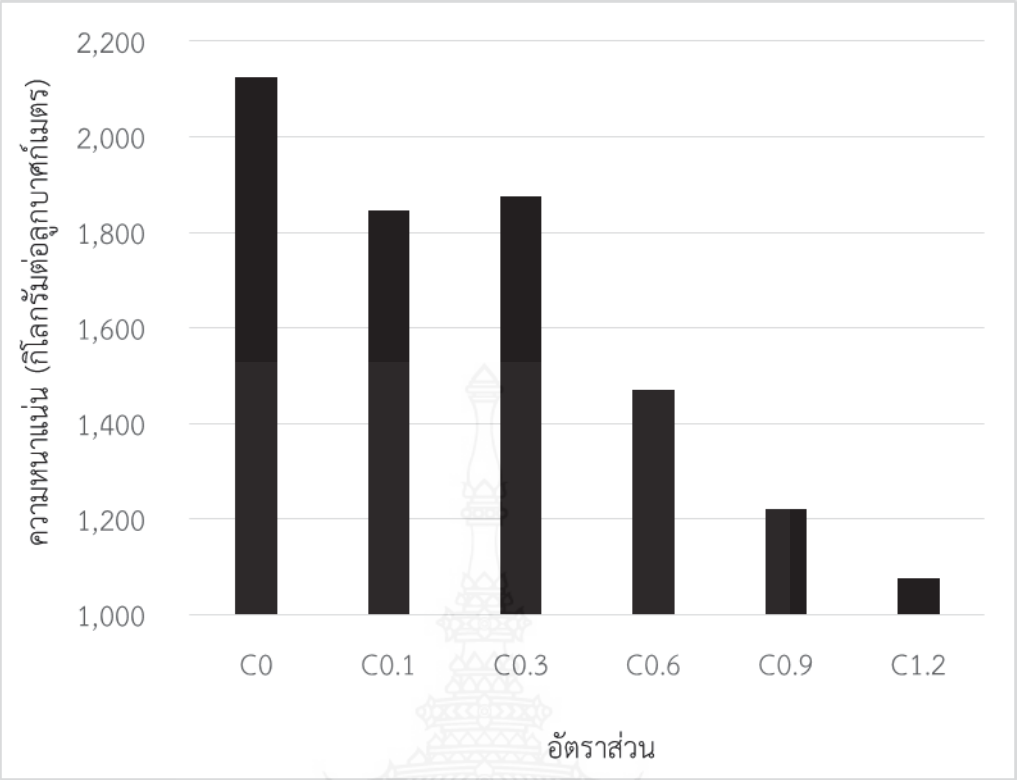
4.2 ความหนาแน่น

ความหนาแน่นเป็นคุณสมบัติหนึ่งของคอนกรีตบล็อกที่แสดงถึงน้ำหนัก โดยคุณสมบัตินี้จะแสดงเป็นแบบน้ำหนักต่อก้อนเฉลี่ย 5 ก้อน และแบบน้ำหนักต่อปริมาณ ซึ่งผลการทดสอบความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลังทุกอัตราส่วน สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.3 และ 4.4



รูปที่ 4.3 ผลการทดสอบน้ำหนักเฉลี่ย 5 ก้อนของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง

จากรูปที่ 4.3 แสดงน้ำหนักเฉลี่ย 5 ก้อนของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง พบว่าคอนกรีตบล็อกดังกล่าวมีน้ำหนักต่อก้อนอยู่ระหว่าง 4.58 – 7.86 กิโลกรัม ซึ่งเบากว่าคอนกรีตบล็อกที่ไม่ผสมเศษต้นมันสำปะหลัง (อัตราส่วน C0) ซึ่งมีน้ำหนัก 9.057 กิโลกรัมต่อก้อน โดยเศษต้นมันสำปะหลังปริมาณมากจะทำให้คอนกรีตบล็อกมีน้ำหนักเบากว่าคอนกรีตบล็อกที่ผสมเศษต้นมันสำปะหลังปริมาณน้อย ส่วนผลการทดสอบค่าความหนาแน่นแบบน้ำหนักต่อปริมาตรของคอนกรีตบล็อกแต่ละอัตราส่วนได้สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.4

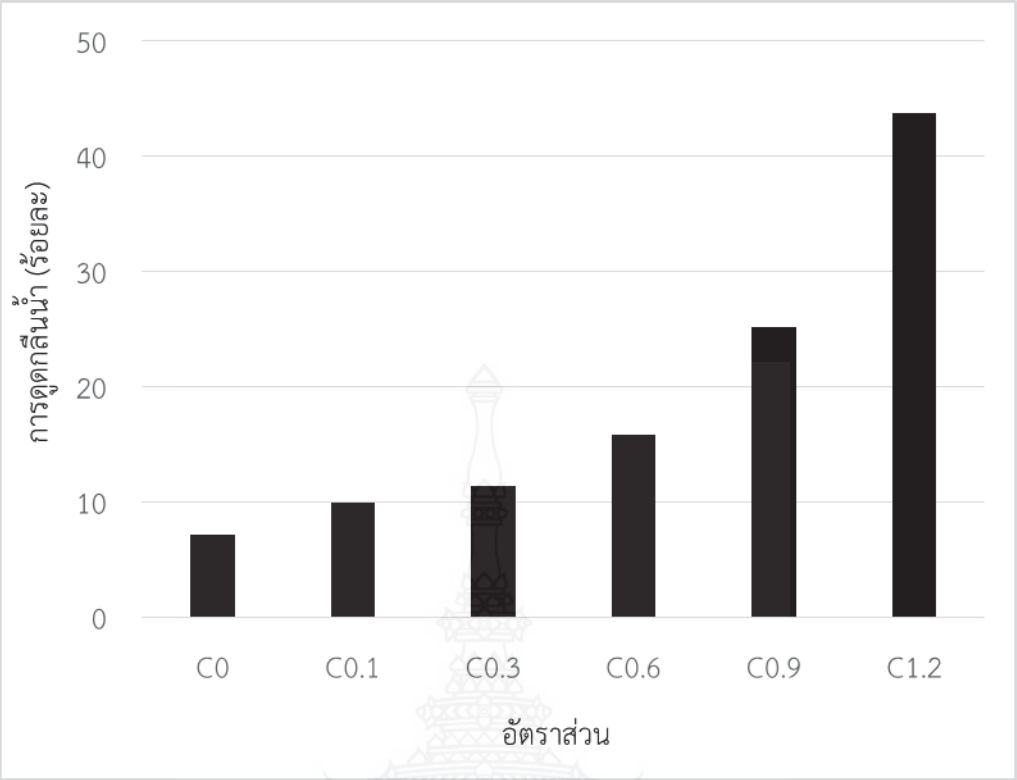


รูปที่ 4.4 ผลการทดสอบความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง

จากรูปที่ 4.4 พบว่า คอนกรีตบล็อกที่ไม่ผสมเศษต้นมันสำปะหลังอัตราส่วน C0 มีค่าความหนาแน่นสูงที่สุด รองลงมาคือ คอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลังอัตราส่วน C0.1 C0.3 C0.6 C0.9 และ C1.2 มีค่าความหนาแน่นต่ำที่สุด ตามลำดับ จากความหนาแน่นดังกล่าวจะเห็นว่า คอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลังทั้งหมดมีแนวโน้มต่ำกว่าคอนกรีตและคอนกรีตบล็อกทั่วไป (คอนกรีตทั่วไป 2,400 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และคอนกรีตบล็อกทั่วไป 1,900 – 2,100 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ซึ่งเป็นผลมาจากลักษณะของเศษต้นมันสำปะหลังที่มีช่องว่างภายในเนื้อจำนวนมาก (ชัชวาลย์, 2540; ผกามาศ และคณะ, 2559)

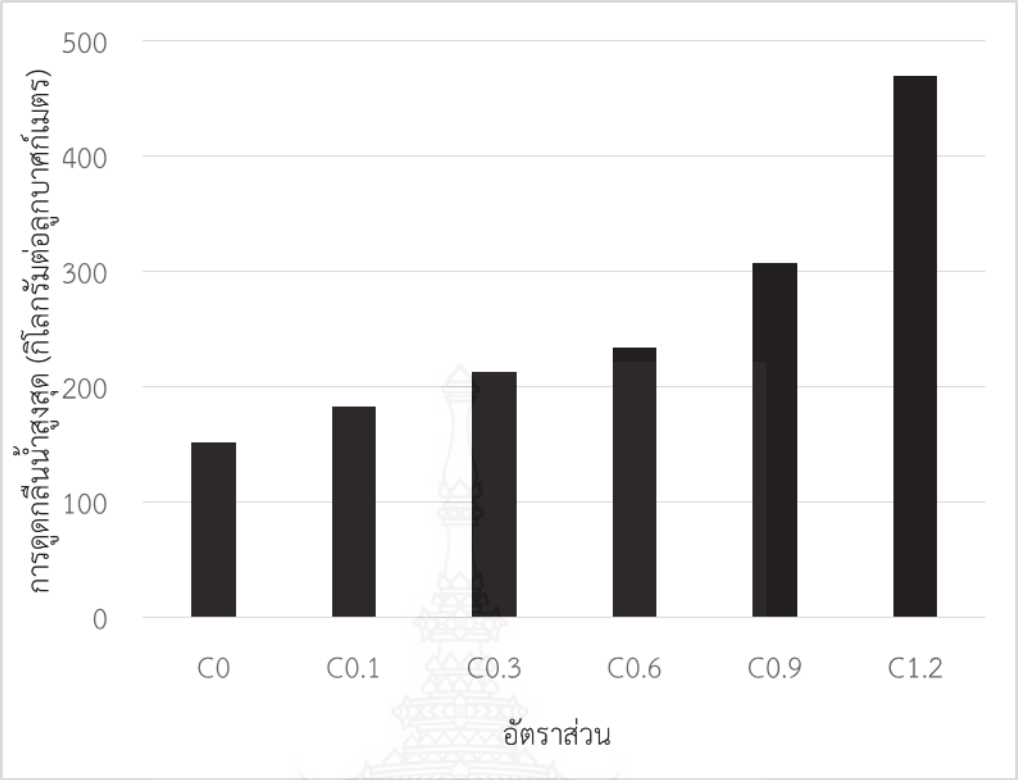
4.3 การดูดกลืนน้ำ

ค่าการดูดกลืนน้ำหรือการดูดซึมของคอนกรีตบล็อกที่ไม่ผสมเศษต้นมันสำปะหลัง 1 อัตราส่วน และคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง อีก 5 อัตราส่วน สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง

จากรูปที่ 4.5 พบว่า ปริมาณเศษต้นมันสำปะหลังมีผลต่อการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อก โดยคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลังในปริมาณมาก จะมีค่าการดูดกลืนน้ำสูงกว่าคอนกรีตบล็อกที่มีปริมาณเศษต้นมันสำปะหลังน้อย โดยคอนกรีตบล็อกที่ผสมเศษต้นมันสำปะหลังมากที่สุดหรืออัตราส่วน C1.2 มีค่าการดูดกลืนน้ำสูงที่สุด รองลงมาคือ คอนกรีตบล็อกที่ผสมเศษต้นมันสำปะหลังอัตราส่วน C0.9 C0.6 C0.3 C0.1 และคอนกรีตบล็อกที่ไม่ผสมเศษต้นมันสำปะหลังอัตราส่วน C0 มีค่าการดูดกลืนน้ำต่ำที่สุด ตามลำดับ เป็นผลมาจากลักษณะของเศษต้นมันสำปะหลังที่มีความพรุนสูง จะทำให้เกิดการดูดกลืนน้ำเข้าไปในเนื้อเศษต้นมันสำปะหลังได้ง่าย ซึ่งเป็นลักษณะเช่นเดียวกันกับการผสมเส้นใยธรรมชาติชนิดอื่นๆ (ชัย และวีรชาติ, 2555; ปราโมทย์ และกิตติพงษ์, 2557) ทั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนน้ำกับมาตรฐาน มอก.57-2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งกำหนดค่าการดูดกลืนน้ำสูงสุดเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยค่าการดูดกลืนน้ำสูงสุดของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง สามารถสรุปได้ดังนี้

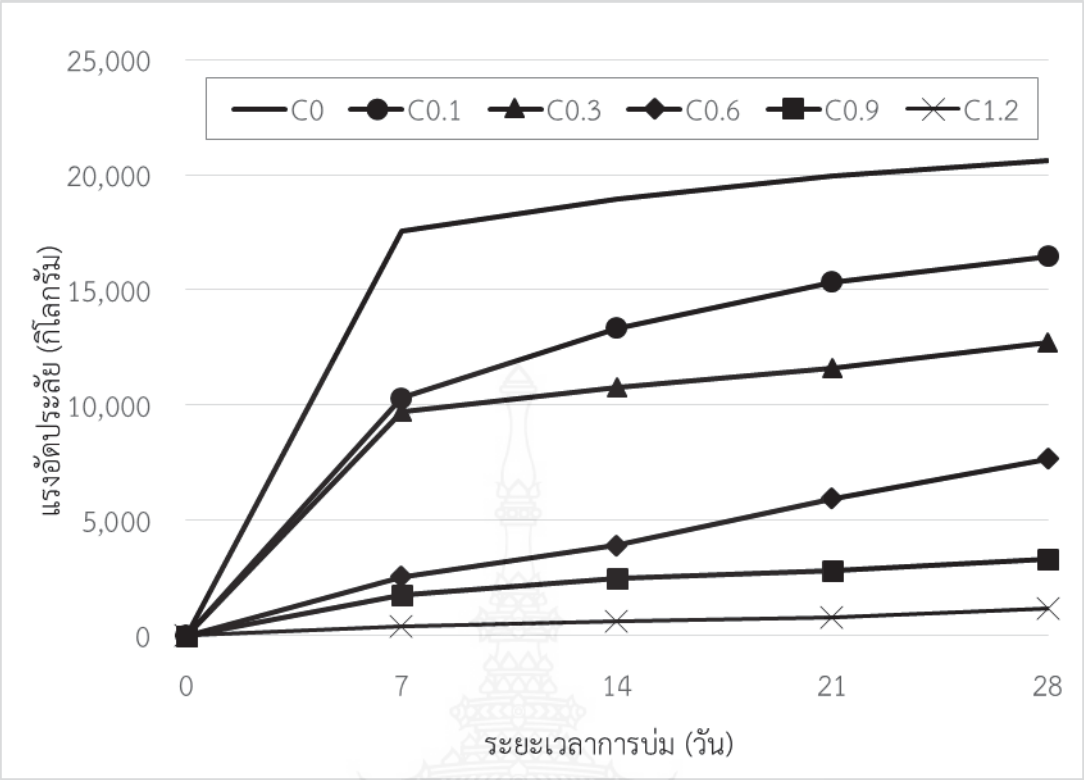


รูปที่ 4.6 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำสูงสุดของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง

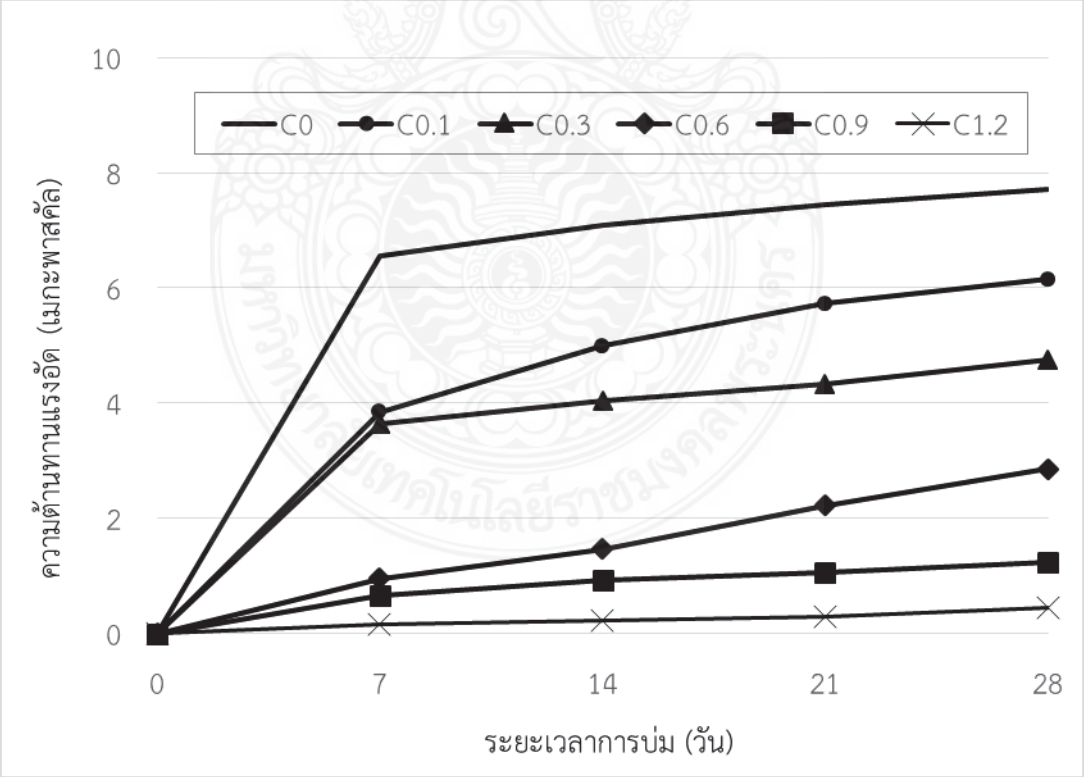
จากรูปที่ 4.6 เมื่อเปรียบเทียบผลทดสอบการดูดกลืนน้ำสูงสุดของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง กับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเรื่องคอนกรีตบล็อกชนิดรับน้ำหนัก (มอก.57-2533) พบว่า อัตราส่วน C0 C0.1 และ C0.6 สามารถผ่านค่าการดูดกลืนน้ำได้ทุกชั้นคุณภาพ (ชั้น ก ข และ ค) ส่วนอัตราส่วน C0.3 สามารถผ่านค่าการดูดกลืนน้ำ ชั้นคุณภาพ ข และ ค และอัตราส่วน C0.9 และ C1.2 สามารถผ่านค่าการดูดกลืนน้ำ ชั้นคุณภาพ ค (ไม่มีการกำหนดค่าการดูดกลืนน้ำสูงสุด) (สมอ., 2533ข) ทั้งนี้ การดูดกลืนน้ำเป็นสมบัติของคอนกรีตบล็อกที่แสดงถึงความสามารถในการก่อ-ฉาบของคอนกรีตบล็อก โดยคอนกรีตบล็อกที่เหมาะสำหรับนำไปใช้ในงานก่อสร้างอาคารควรมีค่าการดูดกลืนน้ำที่ต่ำ เนื่องจากคอนกรีตบล็อกที่มีค่าการดูดกลืนน้ำสูง จะมีผลต่อปัญหาการแตกร้าวของปูนก่อ-ฉาบ เพราะการสูญเสียน้ำจากปูนมอร์ต้าร์ (ปูนซีเมนต์ ผสมทราย และน้ำ) ไปยังคอนกรีตบล็อกมาก ทำให้ปฏิกิริยาไฮเดรชั่น (Hydration Reaction) ของปูนซีเมนต์และน้ำไม่สมบูรณ์ เกิดเป็นรอยร้าวตั้งแต่ขนาดเล็กที่มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ไปจนถึงรอยร้าวขนาดใหญ่ที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (ปริญญา และชัย, 2555)

4.4 ความต้านทานแรงอัด

จากผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลังทุกอัตราส่วน สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.7 และ 4.8



รูปที่ 4.7 ผลการทดสอบแรงอัดประลัยของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง

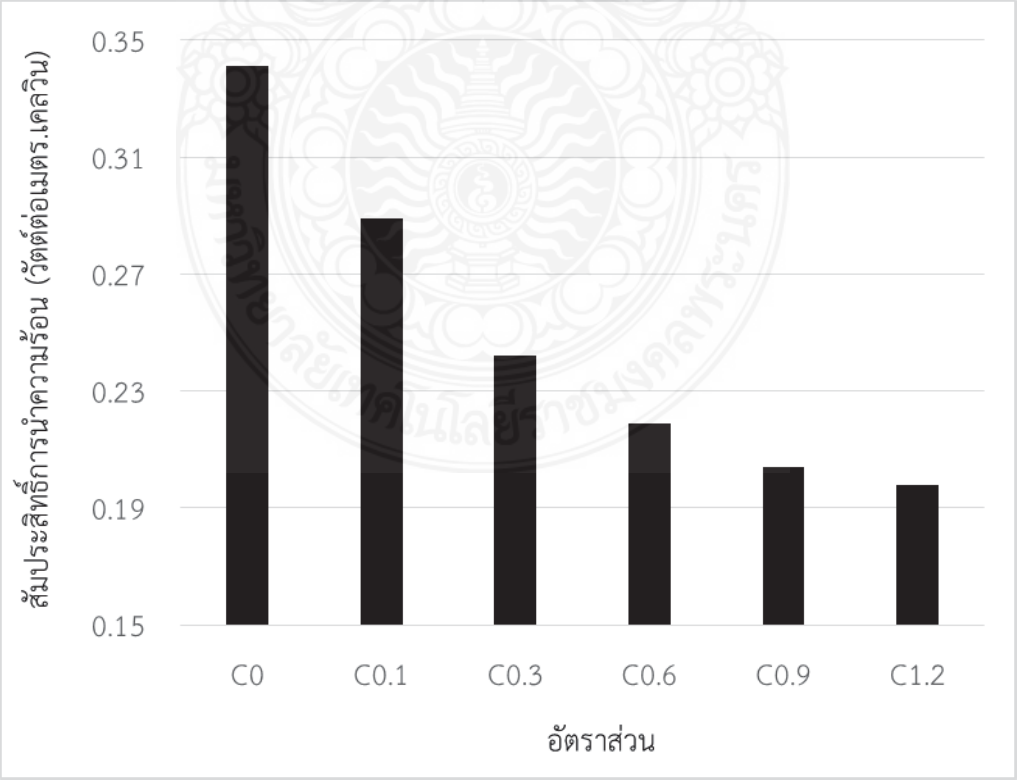


รูปที่ 4.8 ผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง

จากรูปที่ 4.7 และ 4.8 พบว่า แรงอัดประลัยและความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกที่ไม่ผสมเศษต้นมันสำปะหลังอัตราส่วน C0 มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ คอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลังอัตราส่วน C0.1 C0.3 C0.6 C0.9 และ C1.2 มีค่าแรงอัดประลัยและความต้านทานแรงอัดต่ำที่สุดตามลำดับ จากผลการทดสอบดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า ปริมาณของเศษต้นมันสำปะหลังที่เพิ่มมากขึ้น มีผลทำให้ความต้านทานแรงอัดลดต่ำลง ทั้งนี้ เป็นผลมาจากลักษณะของเศษต้นมันสำปะหลังที่มีช่องว่างภายในเนื้อค่อนข้างมาก เมื่อผสมลงในคอนกรีตบล็อกจึงทำให้พื้นที่รับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกลดลง (บุรฉัตร, 2544, ปราโมทย์ และกิตติพงษ์, 2558) นอกจากนี้ เศษต้นมันสำปะหลังที่ผสมลงไปในเนื้อคอนกรีตบล็อก ยังมีความแข็งแรงต่ำกว่าหินฝุ่นหรือปูนซีเมนต์ เมื่อเปรียบเทียบค่าความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง ตามมาตรฐาน มอก.57-2533 ที่กำหนดให้ความต้านทานแรงอัดเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อก ชั้นคุณภาพ ค ต้องไม่ต่ำกว่า 4.0 เมกะพาสคัล หรือประมาณ 40 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และเมื่อเฉลี่ย 5 ก้อน ต้องไม่ต่ำกว่า 5.0 เมกะพาสคัล หรือประมาณ 50 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (สมอ., 2533ข) พบว่า คอนกรีตบล็อกที่ไม่ผสมเศษต้นมันสำปะหลัง (อัตราส่วน C0) และคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง (อัตราส่วน C0.1 และ C0.3) เป็นอัตราส่วนที่สามารถผ่านค่าตามที่มาตรฐานกำหนดได้

4.5 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน

ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (K) เป็นคุณสมบัติที่แสดงถึงความสามารถในการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของวัสดุต่างๆ โดยวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำจะมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีกว่าวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูง ทั้งนี้ ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกที่ผสมและไม่ผสมเศษต้นมันสำปะหลัง สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ผลการทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง

จากผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกที่ผสมและไม่ผสมเศษต้นมันสำปะหลัง ทั้ง 6 อัตราส่วน ในรูปที่ 4.9 พบว่า เศษต้นมันสำปะหลังที่ผสมลงในคอนกรีตบล็อกมีผลต่อการลดลงของค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน หรือมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีขึ้น เนื่องจากเศษต้นมันสำปะหลังเป็นวัสดุที่มีความพรุนของเนื้อหรือช่องว่างจำนวนมาก ซึ่งเป็นลักษณะของวัสดุที่มีความเป็นฉนวนป้องกันความที่ดี (ธนัญชัย และคณะ, 2549; ปราโมทย์ และกิตติพงษ์, 2557) โดยคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลังอัตราส่วน C1.2 ซึ่งมีปริมาณเศษต้นมันสำปะหลังมากที่สุด เป็นคอนกรีตบล็อกที่มีสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน C0.9 C0.6 C0.3 C0.1 และอัตราส่วน C0 ซึ่งไม่มีเศษต้นมันสำปะหลัง เป็นคอนกรีตบล็อกที่มีสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูงที่สุดตามลำดับ

4.6 การใช้งานจริง

จากการคัดเลือกคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลังอัตราส่วน C0.3 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่มีคุณสมบัติผ่านตามมาตรฐาน มอก.57-2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก ชั้นคุณภาพ 1-ค ใช้สำหรับกำแพงภายนอก ทั้งต่ำกว่าและเหนือระดับดิน โดยต้องมีการป้องกันความเสียหายเนื่องจากลมฟ้าอากาศ และใช้ทั่วไปสำหรับกำแพงภายในกำหนด ทำการทดลองก่อสร้างเป็นผนังอาคารขนาด 2.5 x 2.5 เมตร สูง 2.5 เมตร พร้อมทั้งใช้ปูนก่อทั่วไป เก็บข้อมูลการก่อสร้างทุกขั้นตอน พร้อมทั้งพิจารณาการแตกร้าวของปูนก่อที่ก่อลงบนคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง ดังรูปที่ 4.10 ถึง 4.12 พบว่า คอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง สามารถใช้ก่อเป็นผนังอาคารได้เช่นเดียวกับคอนกรีตบล็อกทั่วไปในท้องตลาด โดยไม่มีการแตกร้าว และสามารถทุบแบ่งเป็นก้อนขนาดเล็กได้ตามต้องการ ซึ่งข้อดีของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง คือ ความหนาแน่นหรือน้ำหนักต่อก้อนที่เบากว่าคอนกรีตบล็อกปกติ ร้อยละ 11.11 และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ลดลง ร้อยละ 29.03 โดยที่การดูดกลืนน้ำ และความต้านทานแรงอัดยังคงผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด

รูปที่ 4.10 โครงสร้างอาคารขนาด 2.5 x 2.5 เมตร สูง 2.5 เมตร
สำหรับก่อผนังด้วยคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง

รูปที่ 4.11 การทดลองก่อผนังอาคารด้วยคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง

รูปที่ 4.12 ผนังอาคารที่ก่อด้วยคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากผลการดำเนินงานโครงการ “การใช้เศษต้นมันสำปะหลังเป็นมวลรวมน้ำหนักเบาสำหรับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น” ในปีที่ 1 (พ.ศ.2561) สามารถสรุปผลและข้อเสนอแนะได้ ดังนี้

5.1 สรุปผล

จากวัตถุประสงค์ของโครงการที่ต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภทไม่ควบคุมความชื้นที่มีส่วนผสมของเศษต้นมันสำปะหลังตามมาตรฐาน มอก.57-2533 พบว่า เศษต้นมันสำปะหลัง สามารถใช้เป็นมวลรวมแทนที่หินฝุ่นได้ โดยการเพิ่มปริมาณเศษต้นมันสำปะหลังจะส่งผลต่อความหนาแน่นหรือน้ำหนักต่อก้อนที่ลดลง ความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีขึ้น ในขณะที่ค่าการดูดกลืนน้ำและความต้านทานแรงอัดยังคงผ่านมาตรฐานได้ สำหรับกระบวนการผลิตคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง สามารถใช้ขั้นตอนการผลิตและเครื่องจักรได้เช่นเดียวกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป แต่จะมีขั้นตอนการย่อยและคัดขนาดของเศษต้นมันสำปะหลังเพิ่มเข้ามา เริ่มจากการนำเศษต้นมันสำปะหลังมาย่อยและร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 จากนั้นผสมเข้ากับปูนซีเมนต์ เถ้าแกลบ หินฝุ่น สารลดน้ำประเภท A และน้ำประปา นำด้วยเครื่องผสมคอนกรีตจนเข้ากัน แล้วจึงอัดขึ้นรูปเป็นคอนกรีตบล็อกด้วยเครื่องอัดคอนกรีตบล็อกแบบสั่นเขย่า บ่มทิ้งไว้ 28 วัน ได้คอนกรีตบล็อกที่มีคุณสมบัติตามที่มาตรฐาน มอก.57-2533 ชั้นคุณภาพ 1-ค เรื่องคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก สำหรับใช้ก่อสร้างกำแพงภายนอก ทั้งต่ำกว่าและเหนือระดับดิน โดยต้องมีการป้องกันความเสียหายเนื่องจากลมฟ้าอากาศและใช้ทั่วไปสำหรับกำแพงภายใน ทั้งนี้ อัตราส่วนของเศษต้นมันสำปะหลังที่เหมาะสมในการผลิตคอนกรีตบล็อก คือ อัตราส่วน C0.3 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่มีปริมาณของเศษต้นมันสำปะหลังสูงที่สุด ในขณะที่ยังมีคุณสมบัติผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.57-2533 กำหนด โดยอัตราส่วนผสม ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่1: เถ้าแกลบ: หินฝุ่น: เศษต้นมันสำปะหลัง: สารลดน้ำประเภท A: น้ำประปา เท่ากับ 0.7: 0.3: 9.7: 0.3: 0.02: 0.6 โดยน้ำหนัก และมีคุณสมบัติ ได้แก่ ค่าความหนาแน่น 1,874.93 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าการดูดกลืนน้ำร้อยละ 11.36 หรือ 213.08 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความต้านทานแรงอัด 4.76 เมกะพาสคัล สัมประสิทธิ์การนำความร้อน 0.242 วัตต์ต่อเมตร.เคลวิน และสามารถใช้ก่อสร้างเป็นผนังได้เช่นเดียวกับคอนกรีตบล็อกทั่วไปโดยไม่มีปัญหาการแตกร้าว พื้นผิวยึดเกาะกับปูนมอร์ต้าร์ได้ดี และสามารถทุบแบ่งเป็นก้อนขนาดเล็กได้ตามต้องการ

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาวิจัยต่อไป ควรมีการพัฒนาคอนกรีตบล็อกให้มีค่าการดูดกลืมน้ำต่ำลง และมีความต้านทานแรงอัดสูงขึ้น เพื่อให้สามารถผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.57-2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น และชั้นคุณภาพที่สูงกว่าชั้น 1-ค ได้

เอกสารอ้างอิง

กรมการค้าต่างประเทศ. 2555. **มันสำปะหลังกับวิถีชีวิตคนไทย**. สำนักบริหารการนำเข้าส่งออกสินค้าทั่วไป กรมการค้าต่างประเทศ. กรุงเทพฯ.

ชัชวาล เศรษฐบุตร.2552. **ปูนซีเมนต์และการประยุกต์ใช้งาน**. บริษัท ปูนซีเมนต์ไทยอุตสาหกรรม จำกัด. กรุงเทพฯ.

ธนัญชัย ปคุณวรกิจ พันธุดา พุฒิไพโรจน์ วรธรรม อุ่นจิตติชัย และพรรณจิรา ทิศาวิภาต. 2549. ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของฉนวนอาคารจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. **วารสารวิจัยและสาระสถาปัตยกรรม/การผังเมือง 3(4)**: 119 – 126.

บุรฉัตร วิริยะ. 2544. **การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของวัสดุพืชแห้งและเส้นใยแก้ว.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา.

บุรฉัตร ฉัตรวีระ และเชิดพงศ์ วิสารทานนท์. 2545. การใช้เถ้าแกลบในงานคอนกรีต. **เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการเรืองความเป็นเลิศด้านวิศวกรรมแห่งอนาคต**. กรุงเทพมหานคร. หน้า 178-190.

ประชุม คำพุฒ.2550.**รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์การศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตบล็อกที่มีการผสมน้ำยางพารา**. โครงการวิจัยแห่งชาติ: ยางพารา ฝ่ายอุตสาหกรรม สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).กรุงเทพฯ.

ปราโมทย์ วีรานุกูล และกิตติพงษ์ สุวีโร. 2557. การใช้น้ำยางธรรมชาติพัฒนาคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน. **เอกสารประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6 (6th RMUTNC)**. 23 - 25 กรกฎาคม 2557. อาคารเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์หันตรา. พระนครศรีอยุธยา.

ปราโมทย์ วีรานุกูล และกิตติพงษ์ สุวีโร. 2558. การพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม. **เอกสารประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 7 (7th RMUTNC)**. 1 - 3 กันยายน 2558. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน. นครราชสีมา.

ปริญญา จินดาประเสริฐ และชัย จาตุรพิทักษ์กุล. 2555. **ปูนซีเมนต์ ปอซโซลาน และคอนกรีต**.พิมพ์ครั้งที่ 7.สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ.

ผกามาศ ชูสิทธิ์ ภาณุเดช ขัดเงางาม และกิตติพงษ์ สุวีโร. 2559.แผ่นผนังไม้เทียมที่ทำจากต้นมันสำปะหลังเหลือทิ้งผสมซีเมนต์. **วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต 4(3):** 339 – 349.

พงษ์ธรแซ่อุย และชาคริต สิริสิงห.2550. **ยาง กระบวนการผลิตและทดสอบ**. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค). กรุงเทพฯ.

วราภรณ์ ขจรไชยกูล. 2544. อุตสาหกรรมการผลิตยางธรรมชาติ.**เอกสารประกอบการบรรยายหลักสูตร Process and cleaner Technology in the Rubber Industry**.สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

วราภรณ์ ขจรไชยกูล. 2549. **ยางธรรมชาติ: การผลิตและการใช้งาน**.ห้างหุ้นส่วนจำกัด ซีโน ดีไซน์. กรุงเทพฯ.

วัชระ เพิ่มชาติ. 2548.**อิฐมวลเบาจากเถ้าแกลบ.รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์.**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.กรุงเทพฯ.

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร.2545.**สถิติการเกษตรแห่งประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2544/45เล่มที่ 43.** สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.กรุงเทพฯ.

สิทธิชัย ศิริพันธุ์ พิทักษ์ บุญนุ่น กิจถาวร โลหะ และอนุรักษ์ กำเนิดว้ำ. 2548. การใช้ยางธรรมชาติเพื่อพัฒนางานคอนกรีต.**เอกสารการประชุมวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 10**. ชลบุรี. หน้า MAT-205 – MAT-210.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.).2533ก. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก**. กระทรวงอุตสาหกรรม.กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.).2533ข. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.57-2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก**. กระทรวงอุตสาหกรรม.กรุงเทพฯ.

เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์. 2548. **เทคโนโลยีของยาง**. ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.กรุงเทพฯ.

ห้างหุ้นส่วนจำกัด วงกลม. 2559. การใช้งานอิฐบล็อกแต่ละประเภท มีการเลือกใช้อย่างไรบ้าง. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.wkblock.com/block-talk/ (9 กรกฎาคม 2559)

American Society for Testing and Materials (ASTM). 2010. **Annual Book of ASTM Standards**. ASTM. Philadelphia.

Blow, C.M. and Hepburn C. 1982. **Rubber Technology and Manufacture**. Second Edition. Butterworth Scientific.London.

Craig, A.S. 1969. **Dictionary of Rubber Technology**.Newnes-Butter Worths. London.

Muniandy, Em.V. 1998. Concentrate Production, Factory Operation and Maiantenance in Latex Concentrate &Prevulcanised latex. **Training Manual**. Malaysian Rubber Board. Malaysia.

Ohama, Y. 1987. Principle of Latex Modification and Some Typical Properties of Latex-Modified Mortars and Concretes. **ACI Materials Journal 84**: 511 – 518.

ภาคผนวก

ก มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.57-2533

ข บทความสำหรับเผยแพร่

ก มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.57-2533

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ ๑๒๙๔ (พ.ศ. ๒๕๓๐)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. ๒๕๑๑

เรื่อง ยกเลิกมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก

และกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักมาตรฐานเลขที่ มอก. ๕๗-๒๕๑๖

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศยกเลิกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ ๖๒ (พ.ศ. ๒๕๑๖) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก ลงวันที่ ๓๑ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๑๖ และออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก. ๕๗-๒๕๓๐ ขึ้นใหม่ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ตั้งแต่วันที่ ๑ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๓๑ เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๒๔ ธันวาคม ๒๕๓๐

ประมวล สภาวสุ

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด ประเภทและชั้นคุณภาพ ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน วัสดุ คุณลักษณะที่ต้องการ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 คอนกรีตบล็อก(hollow concrete block or hollow concrete masonry unit) หมายถึง ก้อนคอนกรีตทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ น้ำ และวัสดุผสมที่เหมาะสมชนิดต่าง ๆ และจะมีสารอื่นผสมอยู่ด้วยหรือไม่ก็ได้ สำหรับก่อผนังหรือกำแพง มีรูหรือโพรงขนาดใหญ่ทะลุตลอดก้อน และมีพื้นที่หน้าตัดสุทธิที่ระนาบขนาน

กับผิวธารน้อยกว่าร้อยละ 75 ของพื้นที่หน้าตัดรวมที่ระนาบเดียวกัน

2.2 คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก (hollow load-bearing concrete masonry unit) หมายถึง คอนกรีตบล็อกใช้สำหรับผนังที่ออกแบบให้รับน้ำหนักบรรทุกและน้ำหนักตัวเอง

2.3 เปลือก(face-shell) หมายถึง ผนังด้านนอกของคอนกรีตบล็อก

2.4 ผนังกั้นโพรง(web) หมายถึง ผนังภายในซึ่งแบ่งโพรงในคอนกรีตบล็อก

3. ประเภทและชั้นคุณภาพ

3.1 ประเภท

คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก ซึ่งทำขึ้นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

3.1.1 ประเภทควบคุมความชื้น

3.1.2 ประเภทไม่ควบคุมความชื้น

3.2 ชั้นคุณภาพ

คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักแต่ละประเภท แบ่งออกเป็น 3 ชั้นคุณภาพ คือ

3.2.1 ชั้นคุณภาพ ก ใช้สำหรับกำแพงภายนอกทั้งต่ำกว่าและเหนือ

ระดับดิน โดยไม่มีการป้องกันผิวแต่อย่างใด เช่น ใช้ในกรณีซึ่งการรั่วซึมจากน้ำใต้ดินหรือฝน ไม่ทำความเสียหายต่องานนั้น

3.2.2 ชั้นคุณภาพ ข ใช้สำหรับกำแพงภายนอกทั้งต่ำกว่าและเหนือระดับดิน แต่มีการป้องกันผิว

3.2.3 ชั้นคุณภาพ ค ใช้ทั่วไปสำหรับกำแพงภายใน และกำแพงภายนอกเหนือระดับดิน ที่มีการป้องกันความเสียหายเนื่องจากดินฟ้าอากาศ

4. ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

4.1 ความหนาของเปลือกและผนังกันโพรงต้องเป็นไปตามตารางที่ 1

หมายเหตุ คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักที่ออกแบบพิเศษให้มีโลหะทนต่อการกัดกร่อนเพื่อยึดระหว่างเปลือกของก้อน อาจอนุโลมให้ทำได้ ในเมื่อการทดสอบแสดงว่าโลหะยึดนั้นมีสภาพโครงสร้างเทียบเท่ากับผนังกันโพรงคอนกรีตในทางความยึดตัวแข็งกำลังและการยึดกับผนังกันโพรง

4.2 ขนาดของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก

ให้มีขนาดดังแสดงในรูปที่ 1 และตารางที่ 2 โดยจะมีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน $\pm$ 2 มิลลิเมตร

ตารางที่ 1 ความหนาของเปลือกและผนังกั้นโพรง

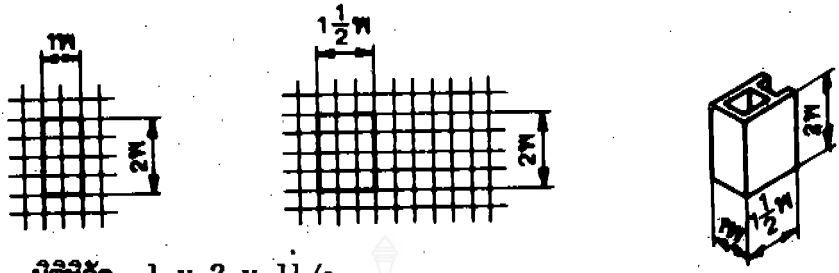
(ข้อ 4.1)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

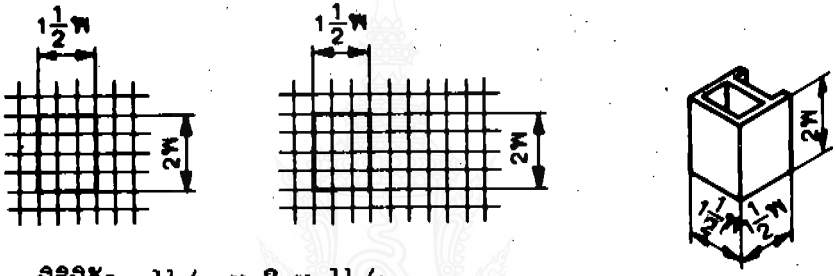
ความหนาระบุของก้อน	ความหนาของเปลือกต่ำสุด[1]	ความหนาของผนังกั้นโพรง[2]	
		ผนังกั้นโพรงต่ำสุด[1]	ความหนาของผนังกั้นโพรงเทียบเท่าต่ำสุดต่อความยาว 1 เมตร
90	19	19	135
140	25	25	185
190	31	25	185

หมายเหตุ [1] เฉลี่ยจากการวัด 5 ก้อน โดยวัดจากส่วนที่บางที่สุดเมื่อวัดตามวิธีที่กำหนด ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อ ซึ่งทำด้วยคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก.109

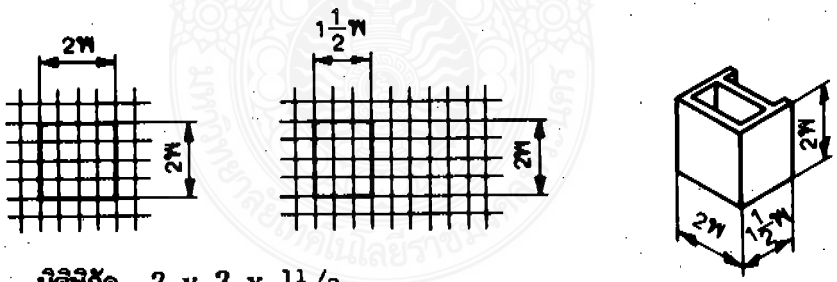
[2] ผลรวมจากการวัดความหนาของผนังกั้นโพรงทั้งหมดในก้อน คูณด้วย 1 000 หารด้วยความยาวของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก เป็นมิลลิเมตร



มิติพิกัด 1 x 2 x $1^1/_2$
ขนาดที่ทำ 90 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 140 มิลลิเมตร



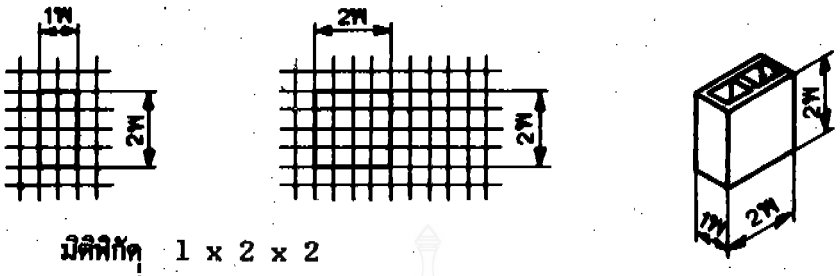
มิติพิกัด $1^1/_2$ x 2 x $1^1/_2$
ขนาดที่ทำ 140 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 140 มิลลิเมตร



มิติพิกัด 2 x 2 x $1^1/_2$
ขนาดที่ทำ 190 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 140 มิลลิเมตร

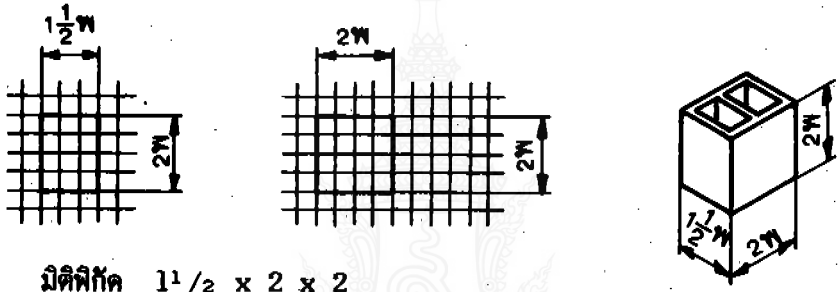
รูปที่ 1 ขนาดของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก

(ข้อ 4.2)



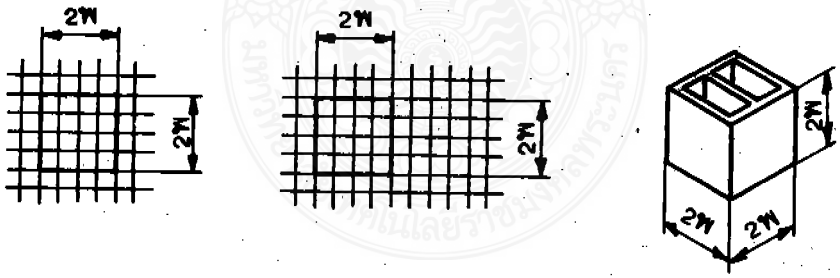
มิติพิกัด 1 x 2 x 2

ขนาดที่ทำ 90 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร



มิติพิกัด $1^1/_2 \times 2 \times 2$

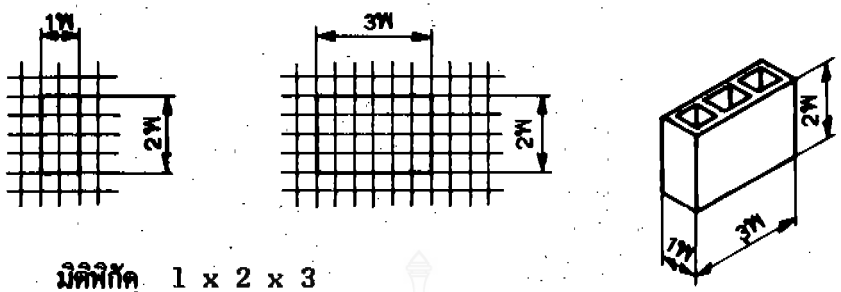
ขนาดที่ทำ 140 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร



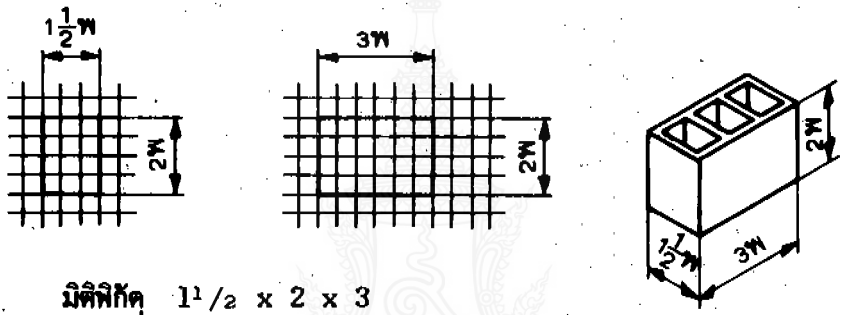
มิติพิกัด 2 x 2 x 2

ขนาดที่ทำ 190 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร

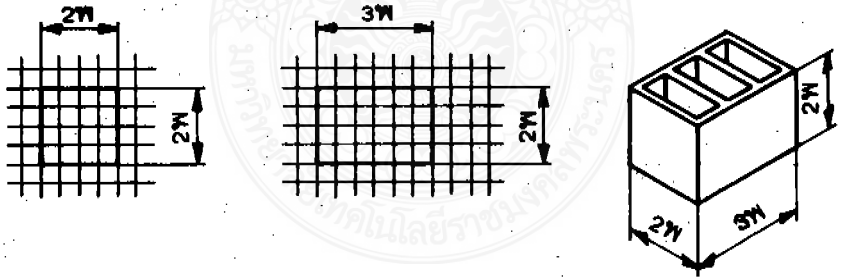
รูปที่ 1 ขนาดของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก(ต่อ)



มิติพิกัด 1 x 2 x 3
ขนาดที่ทำ 90 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 290 มิลลิเมตร

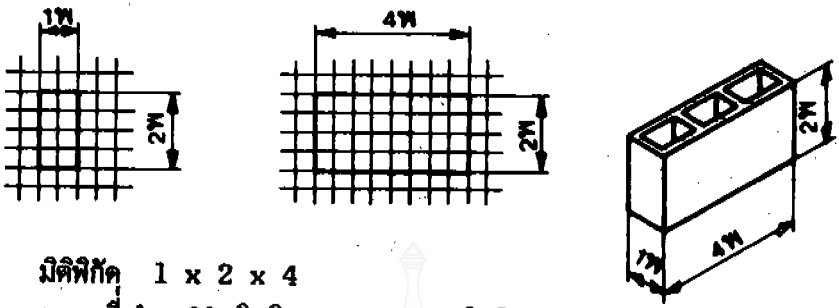


มิติพิกัด $1^1/_2 \times 2 \times 3$
ขนาดที่ทำ 140 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 290 มิลลิเมตร

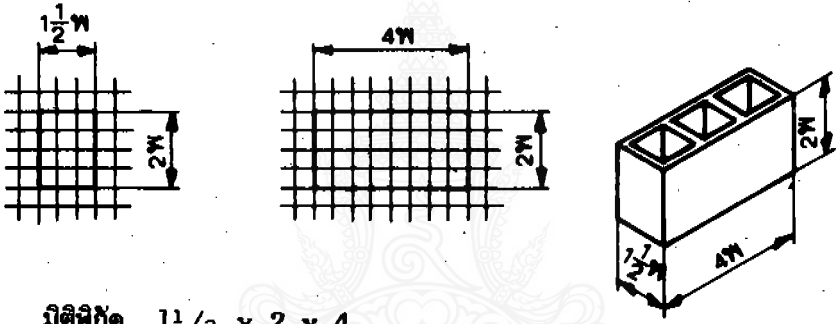


มิติพิกัด 2 x 2 x 3
ขนาดที่ทำ 190 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 290 มิลลิเมตร

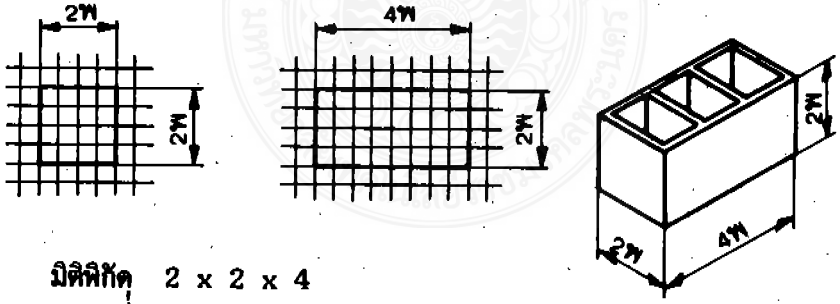
รูปที่ 1 ขนาดของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก(ต่อ)



มิติพิกัด 1 x 2 x 4
ขนาดที่ทำ 90 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 390 มิลลิเมตร



มิติพิกัด $1^1/_2$ x 2 x 4
ขนาดที่ทำ 140 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 390 มิลลิเมตร



มิติพิกัด 2 x 2 x 4
ขนาดที่ทำ 190 มิลลิเมตร x 190 มิลลิเมตร x 390 มิลลิเมตร

รูปที่ 1 ขนาดของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก(ต่อ)

ตารางที่ 2 ขนาดของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก

(ข้อ 4.2)

มิติพิกัด หนา x สูง x ยาว ม	ขนาดที่ทำ หนา x สูง x ยาว มิลลิเมตร x มิลลิเมตร x มิลลิเมตร
1 x 2 x $1\frac{1}{2}$	90 x 190 x 140
$1\frac{1}{2}$ x 2 x $1\frac{1}{2}$	140 x 190 x 140
2 x 2 x $1\frac{1}{2}$	190 x 190 x 140
1 x 2 x 2	90 x 190 x 190
$1\frac{1}{2}$ x 2 x 2	140 x 190 x 190
2 x 2 x 2	190 x 190 x 190
1 x 2 x 3	90 x 190 x 290
$1\frac{1}{2}$ x 2 x 3	140 x 190 x 290
2 x 2 x 3	190 x 190 x 290
1 x 2 x 4	90 x 190 x 390
$1\frac{1}{2}$ x 2 x 4	140 x 190 x 390
2 x 2 x 4	190 x 190 x 390

หมายเหตุ ขนาดของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักที่กำหนดนี้ เป็นขนาดที่ออกแบบเพื่อให้เป็นไปตามระบบการประสานทางพิกัด ในการก่อสร้างอาคาร ซึ่งได้กำหนดหน่วยพิกัดมูลฐาน ม ให้เท่ากับ 100 มิลลิเมตร และกำหนดความหนาของปูนก่อในรอยต่อมาตรฐาน เท่ากับ 10 มิลลิเมตร

5. วัสดุ

5.1 ปูนซีเมนต์ ให้ใช้อย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

5.1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ มาตรฐานเลขที่ มอก.15 เล่ม 1

5.1.2 ปูนซีเมนต์ผสม

ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ผสม มาตรฐานเลขที่ มอก.80

5.2 มวลผสมคอนกรีต

ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มวลผสมคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก.566 ยกเว้นเกณฑ์กำหนดการคัดขนาดมวลผสมคอนกรีต

5.3 ส่วนผสมอื่น ๆ

ตัวทำฟองอากาศ สี สารกันน้ำ ฯลฯ ที่นำมาใช้ ควรเป็นสารที่เหมาะสมสำหรับใช้กับคอนกรีต และควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

6. คุณลักษณะที่ต้องการ

6.1 ลักษณะทั่วไป

6.1.1 คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักทุกก้อน ต้องแข็งแรง ปราศจากรอยแตกร้าวหรือส่วนเสียอื่นใดอันเป็นอุปสรรคต่อการก่อคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักอย่างถูกต้อง หรือทำให้สิ่งก่อสร้างเสียกำลังหรือความคงทนถาวร รอยร้าวเล็กน้อยที่มักเกิดขึ้นในกรรมวิธีผลิตตามปกติ หรือรอยปริเล็กน้อยเนื่องจากวิธีการเคลื่อนย้ายหรือขนส่งอย่างธรรมดา จะต้องไม่เป็นสาเหตุอ้างในการไม่ยอมรับ

6.1.2 คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก ซึ่งต้องการฉาบปูนหรือแต่งปูน ต้องมีผิวหน้าหยาบพอควรแก่การจับยึดของปูนฉาบ หรือปูนแต่งได้อย่างดี

6.1.3 คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก ซึ่งต้องการก่อแบบผิวเผย ด้านผิวเผยจะต้องไม่มีรอยบิ่น รอยร้าว หรือตำหนิอื่น ๆ ถ้าในการสังคราวหนึ่งมีก้อนซึ่งมีรอยบิ่นเล็กน้อยที่ยาวมากกว่า 25 มิลลิเมตร เป็นจำนวนไม่มากกว่าร้อยละ 5 จะต้องไม่ถือเป็นสาเหตุในการไม่ยอมรับ

การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

6.2 ความต้านแรงอัดและการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก

เมื่อส่งถึงที่ก่อสร้าง ต้องเป็นไปตามตารางที่ 3

การทดสอบให้ปฏิบัติตาม มอก.109

6.3 ปริมาณความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น)

เมื่อส่งถึงที่ก่อสร้าง ต้องเป็นไปตามตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ความต้านแรงอัดและการดูดกลืนน้ำ

(ข้อ 6.2)

ชั้นคุณภาพ[1]	ความต้านแรงอัด ต่ำสุด เมกะพาสคัล				การดูดกลืนน้ำ สูงสุด เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร					
	เฉลี่ยจากพื้นที่รวม		เฉลี่ยจากพื้นที่สุทธิ		น้ำหนักคอนกรีตเมื่อแห้ง กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร					
	เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน	คอนกรีตบล็อกแต่ละก้อน	เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน	คอนกรีตบล็อกแต่ละก้อน	1 680 และน้อยกว่า	1 681 ถึง 1 760	1 761 ถึง 1 840	1 841 ถึง 1 920	1 921 ถึง 2 000	มากกว่า 2 000
ก	7	5.5	14	11	240	224	208	192	176	160
ข	7	5.5	-	-	288	272	256	240	224	208
ค	5	4	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ [1] ดูวัตถุประสงค์ในการใช้คอนกรีตบล็อกชั้นคุณภาพต่าง ๆ ตามภาคผนวก ก.

มอก.57-2530

ตารางที่ 4 ความชื้น(เฉพาะคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก ประเภทควบคุมความชื้น)

(ข้อ 6.3)

การหดตัวทางยาว[1] ร้อยละ	ความชื้น สูงสุด ร้อยละของการดูดกลืนน้ำทั้งหมด (เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน)		
	ความชื้นสัมพัทธ์รายปีเฉลี่ย ร้อยละ [2]		
	น้อยกว่า 50	50 ถึง 75	มากกว่า 75
0.03 และน้อยกว่า	35	40	45
มากกว่า 0.03 ถึง 0.045	30	35	40
มากกว่า 0.045	20	30	35

หมายเหตุ [1] ทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบการหดแห้งของคอนกรีตบล็อก (ในกรณีที่ยังมิได้มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าว ให้เป็นไปตาม ASTM C 426) และทดสอบก่อนกำหนดจำหน่ายไม่เกิน 12 เดือน

[2] อุตุนิยมวิทยาสถิติตามประกาศของกรมอุตุนิยมวิทยา สำหรับสถานีที่ใกล้แหล่งผลิตมากที่สุด

7. เครื่องหมายและฉลาก

7.1 ที่คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักทุกก้อน อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) ประเภท

(2) ชั้นคุณภาพ

(3) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้า

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

7.2 ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

8. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

8.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภท ชั้นคุณภาพ และขนาดเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

8.2 การชักตัวอย่างเพื่อการทดสอบ ให้กระทำ ณ สถานที่ผลิต และต้องให้เวลาอย่างน้อย 10 วัน เพื่อทดสอบให้เสร็จ

8.3 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

8.3.1 การชักตัวอย่าง

ให้เป็นไปตาม มอก.109

8.3.2 เกณฑ์ตัดสิน

ในกรณีที่ทดสอบแล้วไม่ผ่าน อาจคัดบางส่วนออก แล้วเลือกชักตัวอย่างใหม่จากส่วนที่เหลือเพื่อทดสอบใหม่ ถ้าตัวอย่างจากชุดที่สองนี้ทดสอบแล้วไม่ผ่านอีก ให้ถือว่าคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักทั้งรุ่นไม่เป็นไปตามมาตรฐานนี้

ภาคผนวก ก.
วัตถุประสงค์ในการใช้คอนกรีตบล็อกชั้นคุณภาพต่าง ๆ

ลักษณะของกำแพง	ป้องกันผิว	ไม่ป้องกันผิว
กำแพงฐานราก และ กำแพงชั้นฐาน	ชั้นคุณภาพ ก และ ชั้นคุณภาพ ข	ชั้นคุณภาพ ก[1)]
กำแพงภายนอก (เหนือระดับดิน)	ทุกชั้นคุณภาพ	ชั้นคุณภาพ ก[1)]
กำแพงภายใน	ทุกชั้นคุณภาพ	ทุกชั้นคุณภาพ

หมายเหตุ [1)] ควรทาผิวด้านนอกของกำแพงด้วยน้ำยากันซึม

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ ๑๖๑๘ (พ.ศ. ๒๕๓๓)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. ๒๕๑๑

เรื่อง แก้ไขมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก (แก้ไขครั้งที่ ๑)

โดยที่เป็นการสมควรแก้ไขเพิ่มเติมมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก. ๕๗ – ๒๕๓๐

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศแก้ไขเพิ่มเติมมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก. ๕๗–๒๕๓๐ ท้ายประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ ๑๒๘๔ (พ.ศ. ๒๕๓๐) ลงวันที่ ๒๔ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๓๐ ดังต่อไปนี้

1. ให้แก้หมายเลขมาตรฐานเลขที่ "มอก. 57–2530" เป็น "มอก. 57 – 2533"

2. ให้ยกเลิกความในข้อ 1.1 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด ประเภท ชั้นคุณภาพและสัญลักษณ์ ขนาดและเกณฑ์ ความคลาดเคลื่อน วัสดุ คุณลักษณะที่ต้องการ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก"

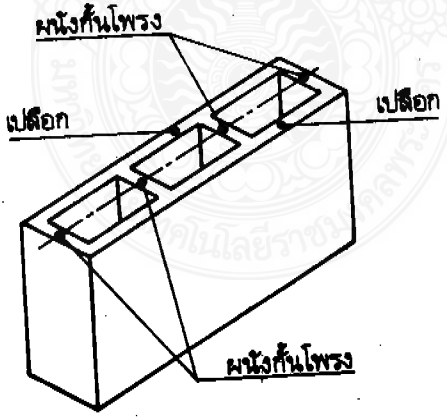
3. ให้ยกเลิกความในข้อ 2.2 ข้อ 2.3 และข้อ 2.4 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"2.2 คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก หมายถึง คอนกรีตบล็อกที่ใช้สำหรับก่อสร้างผนังที่ออกแบบให้รับน้ำหนักบรรทุกและน้ำหนักตัวเอง ประกอบด้วยเปลือก (face-shell) และผนังกั้นโพรง (web) ดังรูปที่ 1

2.3 เปลือก หมายถึง ผนังของคอนกรีตบล็อก ซึ่งเชื่อมต่อด้วยผนังกั้นโพรง ดังแสดงในรูปที่ 1

2.4 ผนังกั้นโพรง หมายถึง ผนังซึ่งเชื่อมต่อเปลือกทั้ง 2 ข้างของคอนกรีตบล็อก ดังแสดงในรูปที่ 1"

4. ให้เพิ่มรูปต่อไปนี้เป็นรูปที่ 1



รูปที่ 1 คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก
(ข้อ 2.2 ข้อ 2.3 และข้อ 2.4)

5. ให้ยกเลิกความในข้อ 3. และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"3. ประเภท ชั้นคุณภาพและสัญลักษณ์

3.1 คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

3.1.1 ประเภท 1 คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักที่ควบคุมความชื้น ใช้สัญลักษณ์ 1

3.1.2 ประเภท 2 คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักที่ไม่ควบคุมความชื้น ใช้สัญลักษณ์ 2

3.2 คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักแต่ละประเภท แบ่งออกเป็น 3 ชั้นคุณภาพ คือ

3.2.1 ชั้นคุณภาพ ก ใช้สำหรับกำแพงภายนอกทั้งต่ำกว่าและเหนือระดับดิน โดยไม่ต้องมีการป้องกันผิวแต่อย่างใด ใช้สัญลักษณ์ ก

3.2.2 ชั้นคุณภาพ ข ใช้สำหรับกำแพงภายนอกทั้งต่ำกว่าและเหนือระดับดิน โดยต้องมีการป้องกันผิว ใช้สัญลักษณ์ ข

3.2.3 ชั้นคุณภาพ ค ใช้สำหรับกำแพงภายนอกเหนือระดับดิน โดยต้องมีการป้องกันความเสียหายเนื่องจากลมฟ้าอากาศ และใช้ทั่วไปสำหรับกำแพงภายใน ใช้สัญลักษณ์ ค"

6. ให้แก้ความจาก "รูปที่ 1" เป็น "รูปที่ 2" ทุกแห่ง

7. ให้ยกเลิกความในข้อ 6.2 และข้อ 6.3 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"6.2 ความต้านแรงอัดและการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักต้องเป็นไปตามตารางที่ 3

การทดสอบให้ปฏิบัติตาม มอก. 109

6.3 ปริมาณความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภท 1) ต้องเป็นไปตามตารางที่ 4"

8. ให้ยกเลิกชื่อตารางที่ 4 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"ตารางที่ 4 ความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภท 1)"

9. ให้ยกเลิกความในหมายเหตุ [1] ท้ายตารางที่ 4 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"หมายเหตุ [1] ทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบการหดแห้งของคอนกรีตบล็อก (ในกรณีที่ยังไม่มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าว ให้เป็นไปตาม ASTM C 426)"

10. ให้ยกเลิกความในข้อ 7.1 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"7.1 ที่คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักทุกก้อน อย่างน้อยต้องมีเลขอักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่ายชัดเจน

(1) สัญลักษณ์แสดงประเภทและชั้นคุณภาพ ตัวอย่าง คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภท 1 ชั้นคุณภาพ ก ใช้สัญลักษณ์เป็น 1-ก

(2) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น"

11. ให้ยกเลิกความในข้อ 8.2 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"8.2 การชักตัวอย่างเพื่อการทดสอบ ให้กระทำ ณ สถานที่ผลิต และต้องให้เวลาสำหรับการทดสอบจนครบทุกรายการอย่างน้อย 10 วัน"

12. ให้ยกเลิกความในข้อ 8.3.1 และข้อ 8.3.2 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"8.3.1 การชักตัวอย่าง

ให้เป็นไปตาม มอก. 109 โดยคัดตัวอย่างที่บกพร่องเนื่องจากการขนส่งออกเสียก่อน แล้วจึงชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันมาทำเป็นตัวอย่างทดสอบ

8.3.2 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักต้องเป็นไปตามข้อ 4. และข้อ 6. ทุกข้อ จึงจะถือว่าคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ในกรณีที่มีตัวอย่างใดไม่เป็นไปตามข้อ 4. ข้อ 6.1 ข้อ 6.2 หรือข้อ 6.3 รายการใดรายการหนึ่งให้ชักตัวอย่างจากรุ่นเดียวกันจำนวน 2 เท่าของชุดตัวอย่างมาทดสอบซ้ำในรายการนั้นผลการทดสอบซ้ำ ตัวอย่างทุกชุดต้องเป็นไปตามข้อ 4. ข้อ 6.1 ข้อ 6.2 หรือข้อ 6.3 แล้วแต่กรณี จึงจะถือว่าคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ยกเว้นรายการความต้านแรงอัด

ตัวอย่างต้องมีความต้านแรงอัดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 85 ของเกณฑ์ที่กำหนดในตารางที่ 3 จึงจะยอมให้ทดสอบซ้ำในรายการความต้านแรงอัดได้"

ทั้งนี้ ให้มีผลเมื่อพ้นกำหนด ๒๗๐ วัน นับแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๑๔ มิถุนายน ๒๕๓๓

พลตำรวจเอก ประมาณ อดิเรกสาร

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

ข บทความสำหรับเผยแพร่

การใช้เศษต้นมันสำปะหลังเป็นมวลรวมน้ำหนักเบา สำหรับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก
Using Cassava Pit Waste as Light Weight Aggregate for Hollow Load Bearing Concrete Masonry Product

ปราโมทย์ วีรานุกูล [1*] อิทธิ วีรานุกูล [2] และกิตติพงษ์ สุวีโร [3]

[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[2] อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
[3] อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
[*] E-mail: pramot.w@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง ใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1: เถ้าแกลบ: หินฝุ่น: เศษต้นมันสำปะหลัง: สารลดน้ำประเภท A: น้ำประปา จำนวน 6 อัตราส่วน เท่ากับ 0.7: 0.3: 10: 0: 0.02: 0.6, 0.7: 0.3: 9.9: 0.1: 0.02: 0.6, 0.7: 0.3: 9.7: 0.3: 0.02: 0.6, 0.7: 0.3: 9.4: 0.6: 0.02: 0.6, 0.7:0.3: 9.1: 0.9: 0.02: 0.6 และ 0.7: 0.3: 8.8: 1.2: 0.02: 0.6 โดยน้ำหนัก ขึ้นรูปตัวอย่างคอนกรีตบล็อกด้วยขั้นตอนการผลิตเช่นเดียวกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป ทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน มอก.57-2533 จากผลการทดสอบ พบว่า อัตราส่วนของเศษต้นมันสำปะหลังที่ดีที่สุดสำหรับผสมลงในคอนกรีตบล็อก คือ อัตราส่วน 0.7: 0.3: 9.7: 0.3: 0.02: 0.6 ซึ่งปริมาณเศษต้นมันสำปะหลังที่เหมาะสม สามารถลดความหนาแน่นหรือน้ำหนักต่อก้อนให้ต่ำลงได้ และช่วยเพิ่มความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป อย่างไรก็ตาม การผสมปริมาณเศษต้นมันสำปะหลังที่มากเกินไป มีผลทำให้การดูดกลืนน้ำเพิ่มขึ้น และความต้านทานแรงอัดลดลงได้

คำสำคัญ: เศษต้นมันสำปะหลัง คอนกรีตบล็อก มวลรวมน้ำหนักเบา

Abstract

This research aims to develop the concrete blocks mixed with cassava pit waste. There are 6 mixing ratios among Portland cement type1: rice hush ash: quarry dust: cassava pit waste: water reducer type A: tap water that include 0.7: 0.3: 10: 0: 0.02: 0.6, 0.7: 0.3: 9.9: 0.1: 0.02: 0.6, 0.7: 0.3: 9.7: 0.3: 0.02: 0.6, 0.7: 0.3: 9.4: 0.6: 0.02: 0.6, 0.7: 0.3: 9.1: 0.9: 0.02: 0.6, and 0.7: 0.3: 8.8: 1.2: 0.02: 0.6 by weight. The concrete block samples were casted same as the ordinary concrete blocks and test were conducted according to TIS.57-1990 standard. From the results, the best proportion of concrete block mixed with coconut shell ash is 0.7: 0.3: 9.7: 0.3: 0.02: 0.6. The proper ratios of cassava pit waste can decrease the density or weight and increase the thermal insulation of concrete blocks.

However, the over amounts of cassava pit waste that effected to increase the water absorption and decrease the compressive strength properties of concrete blocks.

Keywords: cassava pit waste; concrete block; lightweight aggregate

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

คอนกรีตบล็อก (hollow concrete masonry) เป็นวัสดุก่อผนังที่ได้รับความนิยมอย่างมาก แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดไม่รับน้ำหนัก (hollow nonload bearing concrete masonry) และชนิดรับน้ำหนัก (hollow load bearing concrete masonry)ซึ่งคอนกรีตบล็อกทั้ง 2 ชนิด มีจุดมุ่งหมายในการใช้งานที่แตกต่างกันตามคุณสมบัติ คือ คอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก (มาตรฐาน มอก.58) (สมอ.,2533 ก) ใช้สำหรับผนังภายในอาคารบ้าน และโครงสร้างทั่วไป ส่วนคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก (มาตรฐาน มอก. 57-2533) (สมอ.,2533ข) ใช้สำหรับผนังภายนอกหรือภายในอาคาร บ้าน โครงสร้างทั่วไป และโครงสร้างพิเศษ ซึ่งคำนวณให้ผนังคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักด้วย เช่น ผนังอาคารรถไฟฟ้าใต้ดิน MRT ผนังอาคารผู้โดยสารสนามบินสุวรรณภูมิ ผนังอาคารกำเนิดไฟฟ้า และเขื่อนน้ำเทิน ประเทศลาว เป็นต้น คอนกรีตบล็อกชนิดรับน้ำหนักนี้ จึงมีความแข็งแรงมากรับน้ำหนักได้มากกว่า 5 –100 ตันต่อก้อนขึ้นอยู่กับความหนาที่เลือกใช้ (ห้างหุ้นส่วนจำกัด วงกลม, 2559) ทั้งนี้ จากการสำรวจเบื้องต้น พบว่า อาคารหรือบ้านพักอาศัยเกือบทั้งหมดเลือกคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักสำหรับใช้เป็นวัสดุก่อผนังทั้งภายในและภายนอกอาคาร ทำให้ผนังไม่แข็งแรงเท่าที่ควร โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเกิดการวิบัติของโครงสร้างหลัก ผนังที่ก่อด้วยคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักจึงไม่สามารถช่วยลดความเสียหายของการวิบัติได้ เนื่องจากมีความต้านทานแรงอัดต่ำมาก นอกจากนี้ เนื้อของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก ยังมักมีค่าการดูดซึมน้ำที่ค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับคอนกรีตบล็อกชนิดรับน้ำหนัก ทำให้อาคารหรือโครงสร้างที่ใช้คอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก ต้องทำการฉาบด้วยปูนซีเมนต์ที่หนาและจำเป็นต้องผสมน้ำยากันซึมในปริมาณมาก ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองต้นทุนและระยะเวลาในการก่อสร้างแต่ประโยชน์ของการใช้คอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักในการก่อสร้าง คือ ราคาถูก น้ำหนักเบา และหาซื้อได้ง่าย

งานวิจัยนี้ จึงเป็นการพัฒนาคอนกรีตบล็อกชนิดรับน้ำหนักให้มีราคาถูก และน้ำหนักเบาเทียบเท่าคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก แต่มีคุณสมบัติด้านความแข็งแรงและความทึบน้ำที่ดีกว่าคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักทั่วไปมาก โดยใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ภายในชุมชนเป็นหลัก คือ ต้นมันสำปะหลัง เนื่องจากเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของไทยที่สามารถเพาะปลูกได้ตามภูมิภาคต่างๆ มากกว่า 40 จังหวัด ทนแล้ง เจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีลักษณะต่างๆ รวมทั้ง มันสำปะหลังยังเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อาหารเครื่องดื่ม อาหารสัตว์ ผงชูรส สารความหวาน ยารักษาโรค เครื่องสำอาง กาว กรดมะนาว สิ่งทอ กระดาษ ไม้อัด แอลกอฮอล์ และเอทานอล เป็นต้น ทำให้ในระยะที่ผ่านมาประเทศไทยมีการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังไปเป็นจำนวนมาก นำเงินตราเข้าประเทศได้สูงกว่า 20,000 ล้านบาท (กรมการค้าต่างประเทศ, 2555; ศูนย์สารสนเทศการเกษตร,2545) ทั้งนี้ การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังจะต้องมีการขุดหัวมันสำปะหลังขึ้นมาจากดิน (รูปที่ 1) แล้วจึงตัดส่วนที่เป็นต้นมันสำปะหลังออก (รูปที่ 2) ทำให้ต้นมันสำปะหลังเป็นส่วนที่เหลือทิ้งจำนวนมาก แม้ว่าจะมีการนำต้นมันสำปะหลังบางส่วนไปใช้เพาะปลูกในฤดูกาลถัดไป แต่ก็ใช้ในปริมาณเพียงร้อยละ 5 ของปริมาณต้นมันสำปะหลังเหลือทิ้งทั้งหมดเท่านั้นปริมาณต้นมันสำปะหลังเหลือทิ้งจึงมีมากกว่า 604,140 ตัน ดังรูปที่ 3

รูปที่ 1 การใช้รถไถขุดหัวมันสำปะหลังขึ้นมา

รูปที่ 2 หัวมันสำปะหลังที่ตัดลำต้นออกแล้ว

รูปที่ 3 ต้นมันสำปะหลังสำหรับเพาะปลูกในฤดูกาลใหม่และนำมาใช้ในงานวิจัย

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา แสดงให้เห็นว่า ต้นมันสำปะหลัง เป็นวัสดุที่มีความคงทนสูง และสามารถนำมาผสมในผลิตภัณฑ์ เช่น แผ่นซีเมนต์บอร์ด และแผ่นฉนวนป้องกันความร้อน เป็นต้น จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำต้นมันสำปะหลังมาใช้เป็นมวลรวมน้ำหนักเบาในคอนกรีตบล็อกชนิดรับน้ำหนัก

ส่วนวัตถุดิบอีกชนิดหนึ่ง คือ เถ้าแกลบ (rice husk ash) เป็นวัสดุที่เหลือทิ้งจากการสีข้าว (รูปที่ 4) และการเผาเพื่อผลิตกระแส (รูปที่ 5) ซึ่งเป็นอีกหนึ่งวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีปริมาณมากที่สุด เช่นเดียวกับต้นมันสำปะหลัง (ตารางที่ 1) และยังเป็นวัสดุจำพวกวัสดุปอซโซลานิก (Pozzolanic) ที่สามารถแทนที่ปูนซีเมนต์ สำหรับช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับวัสดุที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์หรือคอนกรีต โดยเฉพาะความต้านทานแรงอัดที่เพิ่มขึ้นได้กว่าร้อยละ 10 ของคอนกรีตทั่วไป (ปริญญา และชัย, 2555) รวมทั้ง อาจมีการใช้สารเคมีผสมเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้สูงขึ้นอีก ทั้งนี้ ก็เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้คอนกรีตบล็อกจากชนิดไม่รับน้ำหนักให้เป็นชนิดรับน้ำหนัก พร้อมๆ กับการปรับอัตราส่วนผสม

รูปที่ 4 แกลบที่ได้จากการสีข้าวเปลือกก่อนทำการเผา

รูปที่ 5 ขี้เถ้าที่ได้จากการเผาแกลบหรือเถ้าแกลบ

ตารางที่ 1 พื้นที่ปลูกพืชในประเทศไทย (ไร่)

ชนิดไม้	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคใต้	รวม
ข้าวนาปี	25,950,364	12,590,919	11,752,901	3,615,859	53,910,043
ข้าวนาปัง	361,559	854,327	3,136,422	211,682	4,583,990
ข้าวฟ่าง	39,438	533,752	532,114	-	1,105,304
มันสำปะหลัง	5,926,308	720,463	3,232,588	-	9,879,69
อ้อย	532,091	613,231	2,518,327	-	3,663,649
ปอแก้ว	960,787	-	44,668	-	1,005,455
ฝ้าย	41,164	227,689	143,414	-	412,26
ถั่วลิสง	201,877	425,186	102,063	33,493	762,619
ถั่วเหลือง	323,840	1,693,467	243,084	-	2,260,391
ถั่วเขียว	223,317	2,318,959	325,667	31,980	2,899,923
ปาล์มน้ำมัน	*	*	*	*	615,000
มะพร้าว	*	*	*	*	2,545,000
ละหุ่ง	*	*	*	*	263,400
สับปะรด	*	*	*	*	395,000

หมายเหตุ * = ไม่มีข้อมูล, ** = พื้นที่เก็บเกี่ยว

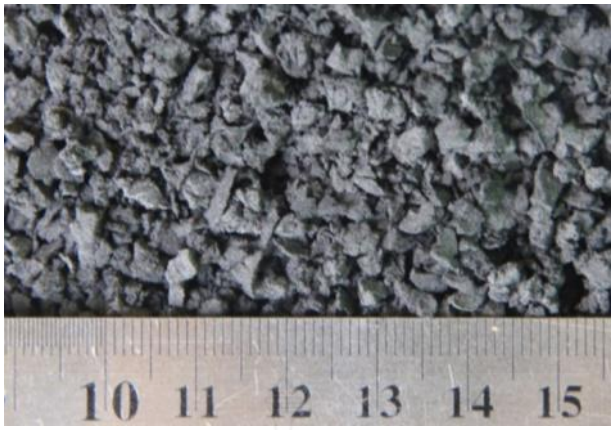
ดังนั้น งานวิจัยเรื่อง “การใช้เศษต้นมันสำปะหลังเป็นมวลรวมน้ำหนักเบาสำหรับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก” นี้ เป็นการบูรณาการวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกให้มีคุณสมบัติที่ดีเทียบเท่าคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักทั่วไป แต่มีน้ำหนักเบา ต้นทุนการผลิตต่ำ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และส่งเสริมให้มีการเลือกใช้ชนิดของคอนกรีตบล็อกที่เหมาะสมสำหรับการก่อสร้างต่างๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภทไม่ควบคุมความชื้นที่มีส่วนผสมของเศษต้นมันสำปะหลังตามมาตรฐาน มอก.57-2533

2. วิธีการดำเนินงาน

2.1 วัสดุและอุปกรณ์

2.1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

2.1.2 หินปูนหรือหินฝุ่น ขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 หรือ 4.75 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 หินปูนหรือหินฝุ่น

2.1.3 ต้นมันสำปะหลังเหลือทิ้ง ดังรูปที่ 7 และ 8

รูปที่ 7 การเดินทางมาที่ไร่ปลูกต้นมันสำปะหลัง

รูปที่ 8 เศษต้นมันสำปะหลังที่นำไปใช้ในการวิจัย

2.1.4 เถ้าแกลบ ขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 325 หรือ 44 ไมโครเมตร จากโรงงานอุตสาหกรรมหรือเกษตรกรในเขตพื้นที่ภาคกลาง ดังรูปที่ 9

รูปที่ 9 การร่อนเถ้าแกลบผ่านตะแกรง

2.1.5 สารเคมีผสมเพิ่มชนิดสารลดน้ำ ประเภท A
2.1.6 น้ำประปา
2.1.7 เครื่องผสมคอนกรีต ดังรูปที่ 10

รูปที่ 10 เครื่องผสมคอนกรีต

2.1.8 เครื่องย่อยเศษไม้ พร้อมตะแกรงเบอร์ 4 หรือ 4.75 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 11

รูปที่ 11 เครื่องย่อยเศษไม้

2.1.9 เครื่องอัดคอนกรีตบล็อกแบบสั่นเขย่า ดังรูปที่ 12

รูปที่ 12 เครื่องอัดคอนกรีตบล็อกแบบสั่นเขย่า

2.1.10 แบบหล่อคอนกรีตบล็อก ขนาด ขนาด 7 x 19 x 39 เซนติเมตร
2.1.11 ตะแกรงคัดขนาด
2.1.12 เครื่องชั่งน้ำหนัก
2.1.13 ชุดทดสอบหาค่าความหนาแน่น ความชื้น และการดูดกลืนน้ำ
2.1.14 เครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (UTM)
2.1.1.15 เครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

2.2 การออกแบบส่วนผสม

ออกแบบอัตราส่วนผสมของตัวอย่างคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก ประเภทไม่ควบคุมความชื้น จำนวน 6 อัตราส่วน ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เถ้าแกลบ หินฝุ่น เศษต้นมันสำประหลัง น้ำประปา และมีการใส่สารเคมีผสมเพิ่มประเภท A ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 อัตราส่วนผสมของตัวอย่างคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก ประเภทไม่ควบคุมความชื้น

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์	เถ้าแกลบ	หินฝุ่น	ต้นมันสำปะหลัง	สารเคมีผสมเพิ่มประเภท A	น้ำประปา
C0	0.7	0.3	10	0	0.02	0.6
C0.1	0.7	0.3	9.9	0.1	0.02	0.6
C0.3	0.7	0.3	9.7	0.3	0.02	0.6
C0.6	0.7	0.3	9.4	0.6	0.02	0.6
C0.9	0.7	0.3	9.1	0.9	0.02	0.6
C1.2	0.7	0.3	8.8	1.2	0.02	0.6

2.3 การขึ้นรูปคอนกรีตบล็อก

2.3.1 ย่อยต้นมันสำปะหลังให้ละเอียดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ด้วยเครื่องย่อยเศษไม้ ดังรูปที่ 13 และ 14

รูปที่ 13 การย่อยเศษต้นมันสำปะหลังด้วยเครื่อง

รูปที่ 14 เศษต้นมันสำปะหลังที่ผ่านการย่อยแล้ว

2.3.2 ผสมน้ำประปาและสารเคมีผสมเพิ่มประเภท A ให้เข้ากัน

2.3.3 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 เถ้าแกลบ หินฝุ่น เศษต้นมันสำปะหลังย่อยละเอียด และน้ำประปาที่ผสมสารเคมีผสมเพิ่มแล้ว ให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมคอนกรีต ดังรูปที่ 15 และ 16

รูปที่ 15 การเทเศษต้นมันสำปะหลังลงในเครื่องผสมคอนกรีต

รูปที่ 16 การผสมส่วนผสมที่เติมน้ำประปาและสารเคมีผสมเพิ่มแล้วให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมคอนกรีต

2.3.4 นำส่วนผสมที่ผสมเข้ากันดีแล้ว มาใส่เครื่องอัดคอนกรีตบล็อกแบบสั่นเขย่า และอัดขึ้นรูปเป็นคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง ดังรูปที่ 17 และ 18

รูปที่ 17 การนำส่วนผสมเข้าเครื่องอัดและเขย่าเป็นคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง

รูปที่ 18 คอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลังที่อัดขึ้นรูปแล้ว

2.3.5 บ่มคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลังด้วยการพรมน้ำให้ชุ่ม และห่อด้วยพลาสติก เพื่อเก็บความชื้น เป็นระยะเวลาตามที่แต่ละการทดสอบกำหนด ดังรูปที่ 19

รูปที่ 19 การบ่มคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลังด้วยพลาสติก

2.4 การทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตบล็อก

ทดสอบสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง ตามมาตรฐาน มอก.57-2533 เรื่อง คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก ประเภทไม่ควบคุมความชื้น และการทดสอบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยแต่ละการทดสอบจะใช้จำนวนตัวอย่าง 5 ตัวอย่างต่อการทดสอบ ได้แก่

2.4.1 ลักษณะทั่วไป

2.4.2 ความหนาแน่น

2.4.3 การดูดกลืนน้ำ ดังรูปที่ 20 และ 21

รูปที่ 20 การแช่คอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลังในน้ำเพื่อหาค่าการดูดกลืนน้ำ

รูปที่ 21 การอบคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลังเพื่อหาค่าการดูดกลืนน้ำ

2.4.4 ความต้านทานแรงอัด ดังรูปที่ 3.22

รูปที่ 22 การทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง

2.4.5 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน

2.4.6 การใช้ผลิตภัณฑ์ในสถานที่จริง

3. ผลการดำเนินงาน

ผลการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง ทั้ง 6 อัตราส่วน สามารถสรุปแบ่งตามการทดสอบได้ ดังนี้

3.1 ลักษณะโดยทั่วไป

ในส่วนลักษณะโดยทั่วไปของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลังทั้งหมดตามที่มาตรฐาน มอก.57-2533 กำหนด สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 23 และ 24

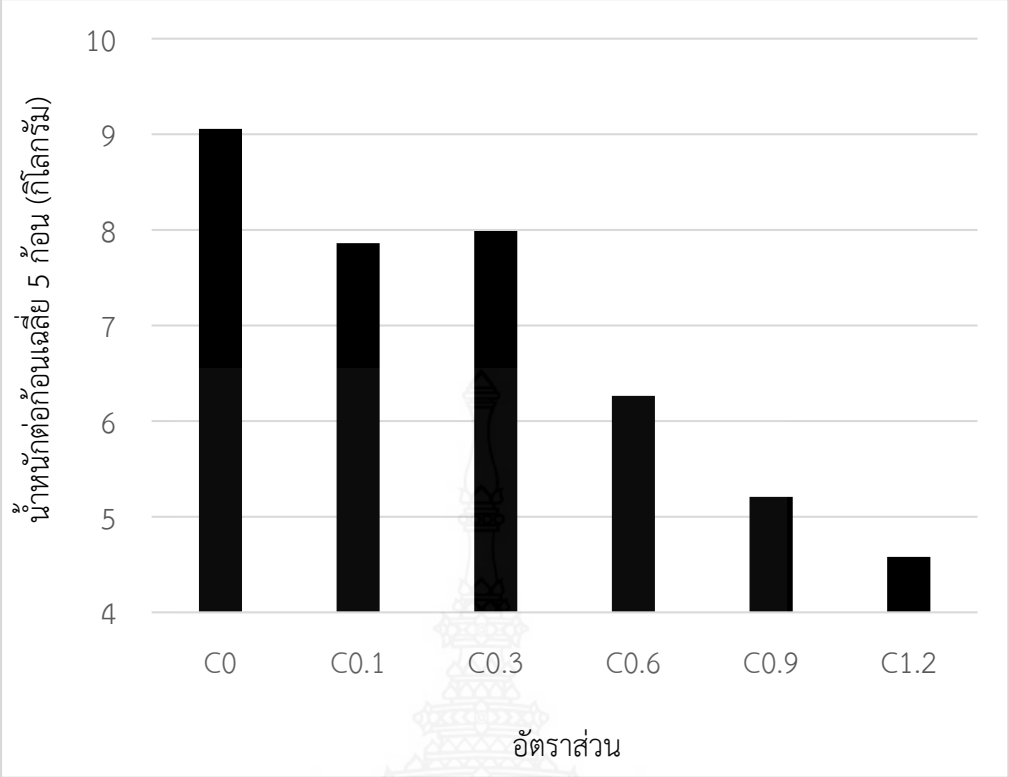
รูปที่ 23 ลักษณะโดยทั่วไปของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง

รูปที่ 24 พื้นผิวของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง

จากรูปที่ 23 และ 24 พบว่า คอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลังทุกอัตราส่วน มีลักษณะสมบูรณ์ ไม่มีรอยบิ่นหรือร้าว และส่วนผิวของคอนกรีตบล็อกทั้งหมดมีความหยาบพอควรแก่การจับยึดของปูนฉาบหรือปูนแต่งได้ดี ทำให้สามารถกล่าวได้ว่า การผสมเศษต้นมันสำปะหลังลงในผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างจำพวกคอนกรีตบล็อกไม่ส่งผลต่อคุณลักษณะที่ต้องการด้านลักษณะโดยทั่วไป ตามที่มาตรฐานคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก (มอก.57-2533) กำหนด

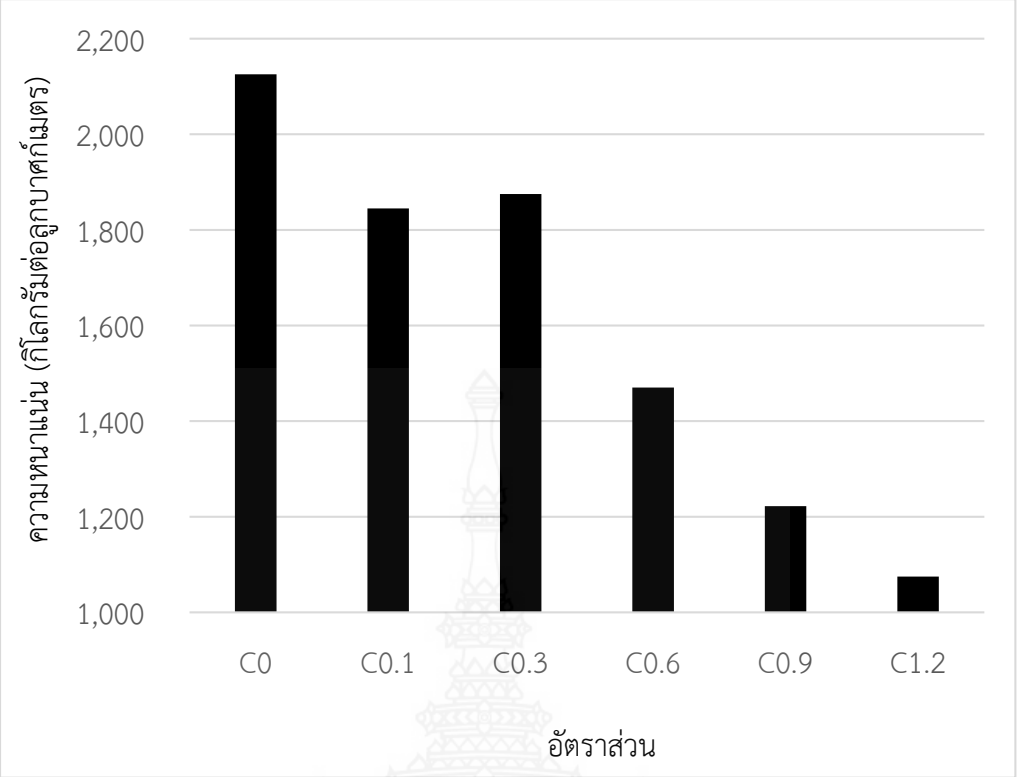
3.2 ความหนาแน่น

ความหนาแน่นเป็นคุณสมบัติหนึ่งของคอนกรีตบล็อกที่แสดงถึงน้ำหนัก โดยคุณสมบัตินี้จะแสดงเป็นแบบน้ำหนักต่อก้อนเฉลี่ย 5 ก้อน และแบบน้ำหนักต่อปริมาณ ซึ่งผลการทดสอบความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลังทุกอัตราส่วน สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 25 และ 26



รูปที่ 25 ผลการทดสอบน้ำหนักเฉลี่ย 5 ก้อนของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง

จากรูปที่ 25 แสดงน้ำหนักเฉลี่ย 5 ก้อนของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง พบว่าคอนกรีตบล็อกดังกล่าวมีน้ำหนักต่อก้อนอยู่ระหว่าง 4.58 – 7.86 กิโลกรัม ซึ่งเบากว่าคอนกรีตบล็อกที่ไม่ผสมเศษต้นมันสำปะหลัง (อัตราส่วน C0) ซึ่งมีน้ำหนัก 9.057 กิโลกรัมต่อก้อน โดยเศษต้นมันสำปะหลังปริมาณมากจะทำให้คอนกรีตบล็อกมีน้ำหนักเบากว่าคอนกรีตบล็อกที่ผสมเศษต้นมันสำปะหลังปริมาณน้อย ส่วนผลการทดสอบค่าความหนาแน่นแบบน้ำหนักต่อปริมาตรของคอนกรีตบล็อกแต่ละอัตราส่วนได้สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 26

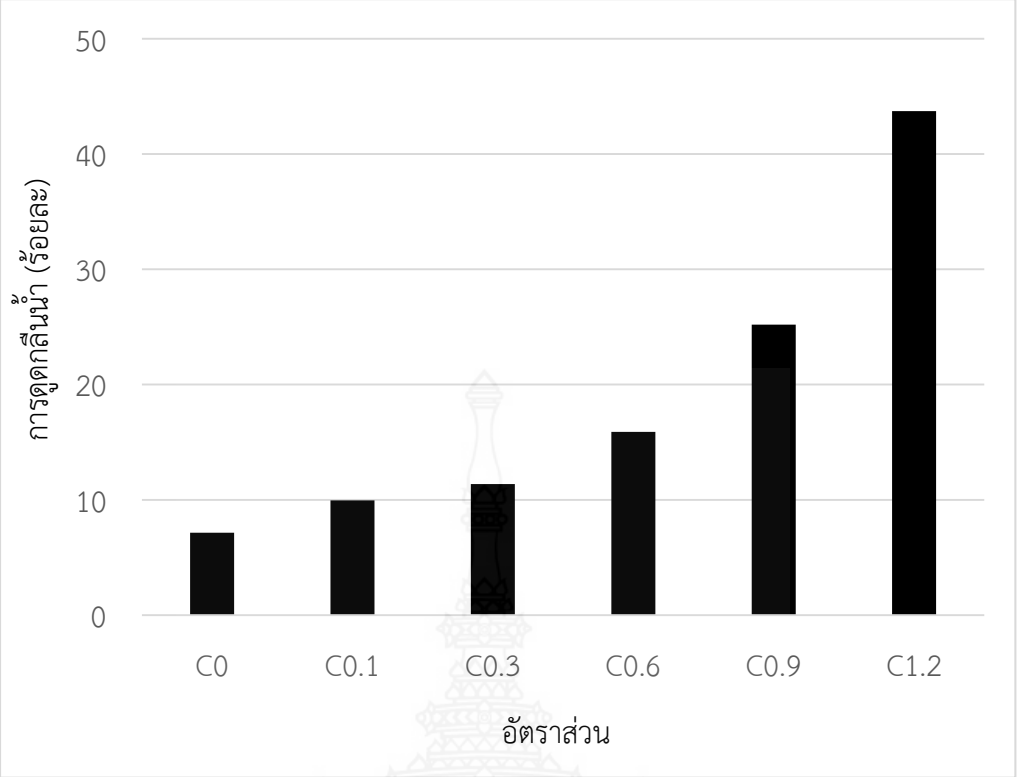


รูปที่ 26 ผลการทดสอบความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง

จากรูปที่ 26 พบว่า คอนกรีตบล็อกที่ไม่ผสมเศษต้นมันสำปะหลังอัตราส่วน C0 มีค่าความหนาแน่นสูงที่สุด รองลงมาคือ คอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลังอัตราส่วน C0.1 C0.3 C0.6 C0.9 และ C1.2 มีค่าความหนาแน่นต่ำที่สุด ตามลำดับ จากความหนาแน่นดังกล่าวจะเห็นว่า คอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลังทั้งหมดมีแนวโน้มต่ำกว่าคอนกรีตและคอนกรีตบล็อกทั่วไป (คอนกรีตทั่วไป 2,400 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และคอนกรีตบล็อกทั่วไป 1,900 – 2,100 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ซึ่งเป็นผลมาจากลักษณะของเศษต้นมันสำปะหลังที่มีช่องว่างภายในเนื้อจำนวนมาก (ชัชวาลย์, 2540; ผกามาศ และคณะ, 2559)

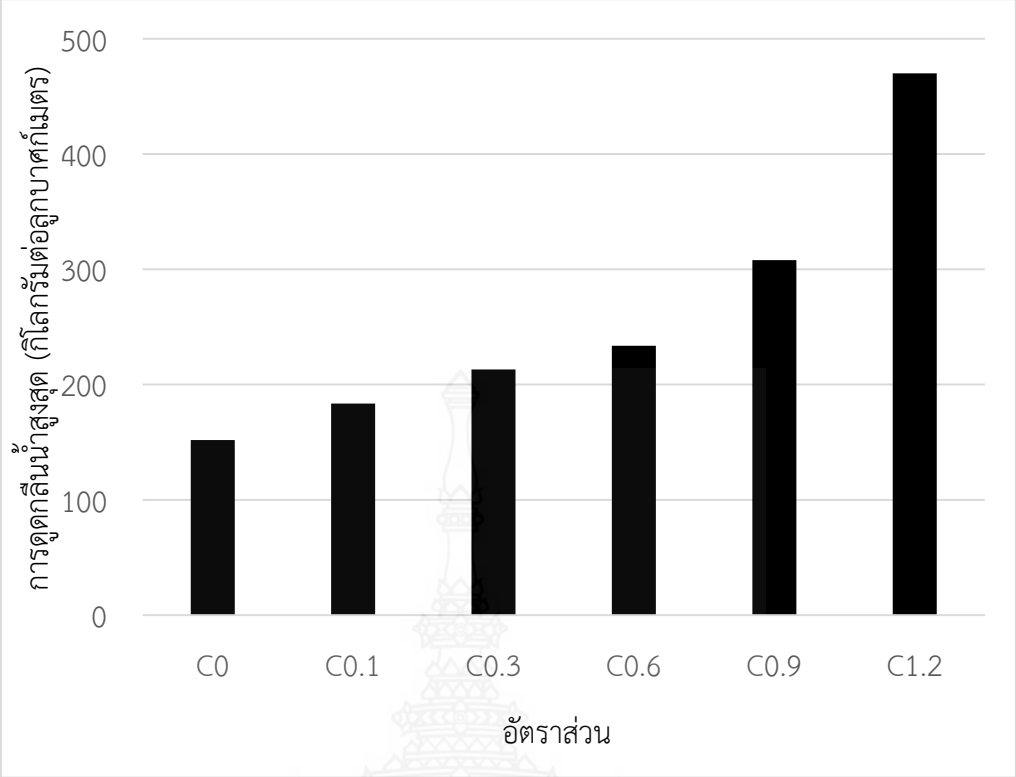
3.3 การดูดกลืนน้ำ

ค่าการดูดกลืนน้ำหรือการดูดซึมของคอนกรีตบล็อกที่ไม่ผสมเศษต้นมันสำปะหลัง 1 อัตราส่วน และคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง อีก 5 อัตราส่วน สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังรูปที่ 27



รูปที่ 27 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง

จากรูปที่ 27 พบว่า ปริมาณเศษต้นมันสำปะหลังมีผลต่อการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อก โดยคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลังในปริมาณมาก จะมีค่าการดูดกลืนน้ำสูงกว่าคอนกรีตบล็อกที่มีปริมาณเศษต้นมันสำปะหลังน้อย โดยคอนกรีตบล็อกที่ผสมเศษต้นมันสำปะหลังมากที่สุดหรืออัตราส่วน C1.2 มีค่าการดูดกลืนน้ำสูงที่สุด รองลงมาคือ คอนกรีตบล็อกที่ผสมเศษต้นมันสำปะหลังอัตราส่วน C0.9 C0.6 C0.3 C0.1 และคอนกรีตบล็อกที่ไม่ผสมเศษต้นมันสำปะหลังอัตราส่วน C0 มีค่าการดูดกลืนน้ำต่ำที่สุด ตามลำดับ เป็นผลมาจากลักษณะของเศษต้นมันสำปะหลังที่มีความพรุนสูง จะทำให้เกิดการดูดกลืนน้ำเข้าไปในเนื้อเศษต้นมันสำปะหลังได้ง่าย ซึ่งเป็นลักษณะเช่นเดียวกันกับการผสมเส้นใยธรรมชาติชนิดอื่นๆ (ชัย และวีรชาติ, 2555; ปราโมทย์ และกิตติพงษ์, 2557) ทั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนน้ำกับมาตรฐาน มอก.57-2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งกำหนดค่าการดูดกลืนน้ำสูงสุดเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยค่าการดูดกลืนน้ำสูงสุดของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง สามารถสรุปได้ดังนี้

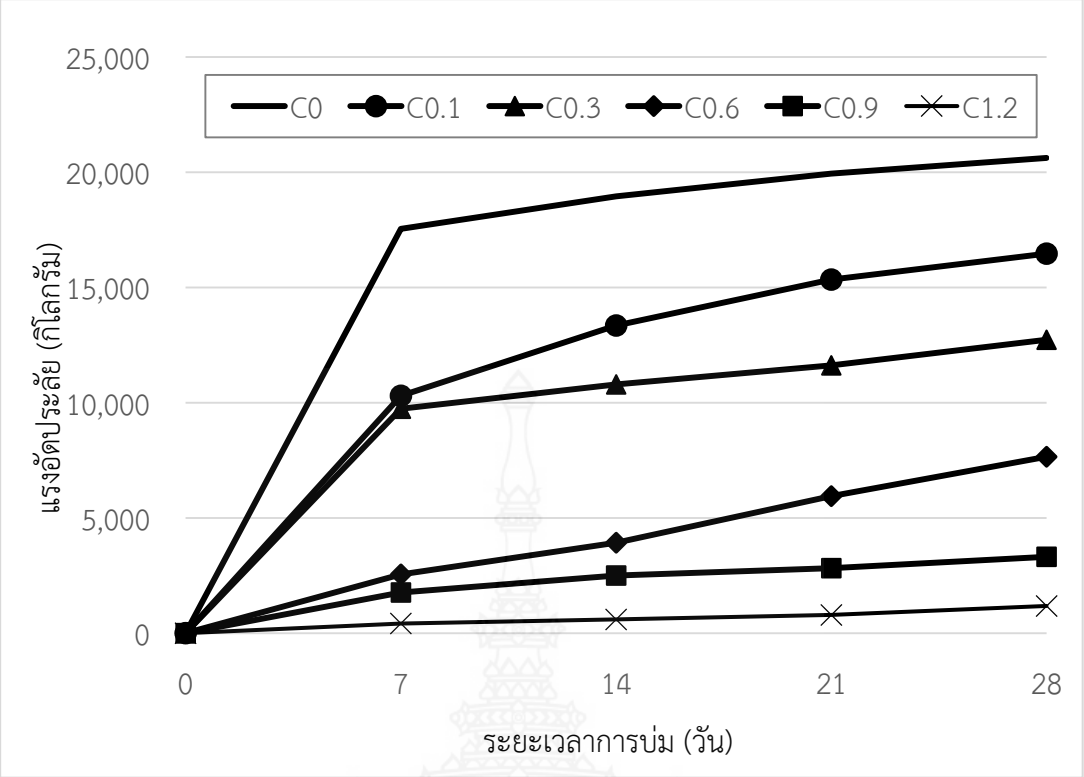


รูปที่ 28 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำสูงสุดของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง

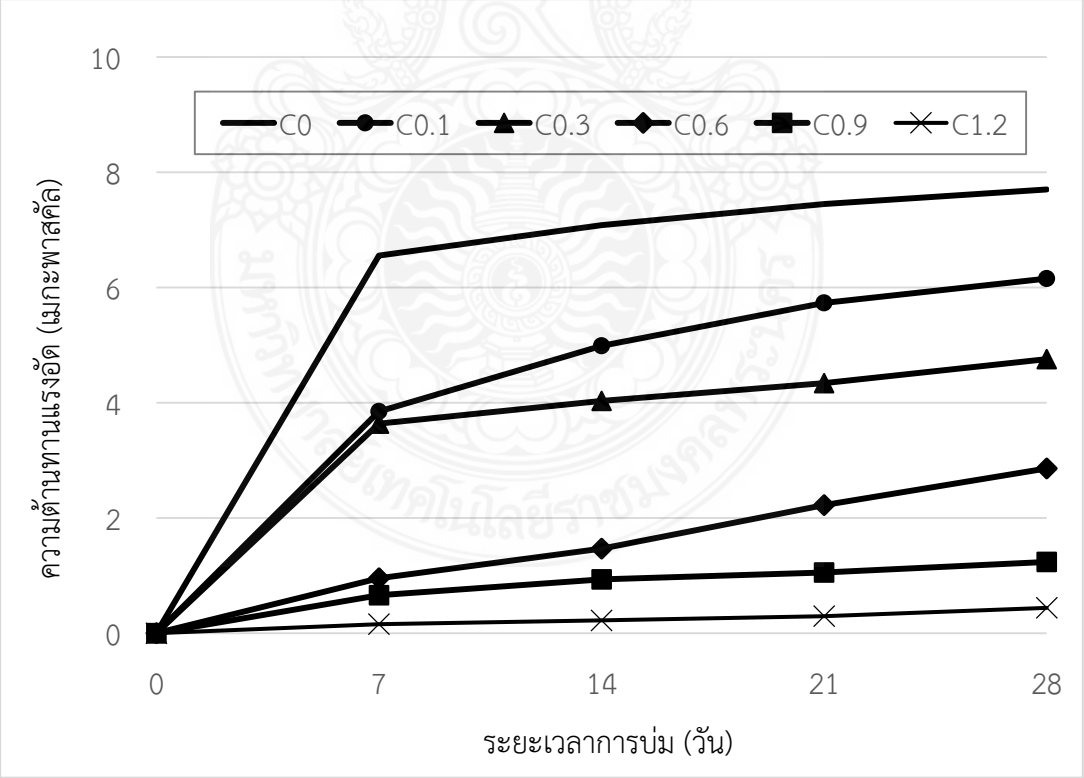
จากรูปที่ 28 เมื่อเปรียบเทียบผลทดสอบการดูดกลืนน้ำสูงสุดของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง กับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเรื่องคอนกรีตบล็อกชนิดรับน้ำหนัก (มอก.57-2533) พบว่า อัตราส่วน C0 C0.1 และ C0.6 สามารถผ่านค่าการดูดกลืนน้ำได้ทุกชั้นคุณภาพ (ชั้น ก ข และ ค) ส่วนอัตราส่วน C0.3 สามารถผ่านค่าการดูดกลืนน้ำ ชั้นคุณภาพ ข และ ค และอัตราส่วน C0.9 และ C1.2 สามารถผ่านค่าการดูดกลืนน้ำ ชั้นคุณภาพ ค (ไม่มีการกำหนดค่าการดูดกลืนน้ำสูงสุด) (สมอ., 2533ข) ทั้งนี้ การดูดกลืนน้ำเป็นสมบัติของคอนกรีตบล็อกที่แสดงถึงความสามารถในการก่อ-ฉาบของคอนกรีตบล็อก โดยคอนกรีตบล็อกที่เหมาะสำหรับนำไปใช้ในงานก่อสร้างอาคารควรมีค่าการดูดกลืนน้ำที่ต่ำ เนื่องจากคอนกรีตบล็อกที่มีค่าการดูดกลืนน้ำสูง จะมีผลต่อปัญหาการแตกร้าวของปูนก่อ-ฉาบ เพราะการสูญเสียน้ำจากปูนมอร์ต้าร์ (ปูนซีเมนต์ ผสมทราย และน้ำ) ไปยังคอนกรีตบล็อกมาก ทำให้ปฏิกิริยาไฮเดรชั่น (Hydration Reaction) ของปูนซีเมนต์และน้ำไม่สมบูรณ์ เกิดเป็นรอยร้าวตั้งแต่ขนาดเล็กที่มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ไปจนถึงรอยร้าวขนาดใหญ่ที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (ปริญญา และชัย, 2555)

3.4 ความต้านทานแรงอัด

จากผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลังทุกอัตราส่วน สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 29 และ 30



รูปที่ 29 ผลการทดสอบแรงอัดประลัยของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง

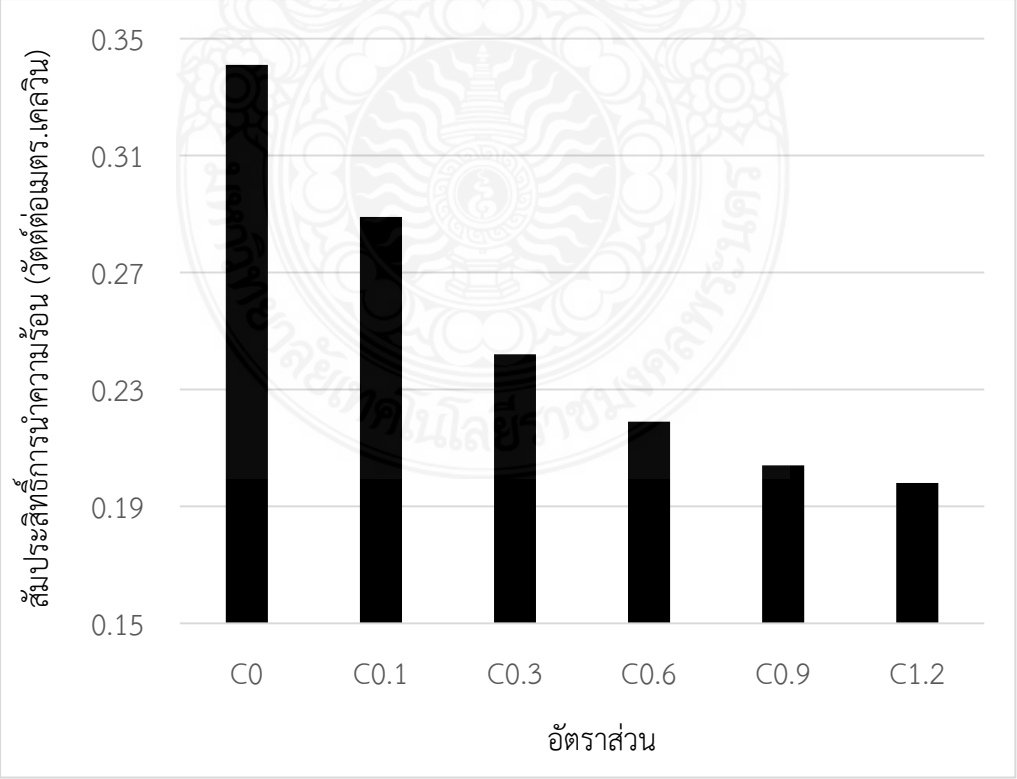


รูปที่ 30 ผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง

จากรูปที่ 29 และ 30 พบว่า แรงอัดประลัยและความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกที่ไม่ผสมเศษต้นมันสำปะหลังอัตราส่วน C0 มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ คอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลังอัตราส่วน C0.1 C0.3 C0.6 C0.9 และ C1.2 มีค่าแรงอัดประลัยและความต้านทานแรงอัดต่ำที่สุดตามลำดับ จากผลการทดสอบดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า ปริมาณของเศษต้นมันสำปะหลังที่เพิ่มมากขึ้น มีผลทำให้ความต้านทานแรงอัดลดต่ำลง ทั้งนี้ เป็นผลมาจากลักษณะของเศษต้นมันสำปะหลังที่มีช่องว่างภายในเนื้อค่อนข้างมาก เมื่อผสมลงในคอนกรีตบล็อกจึงทำให้พื้นที่รับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกลดลง (บุรฉัตร, 2544, ปราโมทย์ และกิตติพงษ์, 2558) นอกจากนี้ เศษต้นมันสำปะหลังที่ผสมลงไปในเนื้อคอนกรีตบล็อก ยังมีความแข็งแรงต่ำกว่าหินฝุ่นหรือปูนซีเมนต์ เมื่อเปรียบเทียบค่าความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง ตามมาตรฐาน มอก.57-2533 ที่กำหนดให้ความต้านทานแรงอัดเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อก ชั้นคุณภาพ ค ต้องไม่ต่ำกว่า 4.0 เมกะพาสคัล หรือประมาณ 40 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และเมื่อเฉลี่ย 5 ก้อน ต้องไม่ต่ำกว่า 5.0 เมกะพาสคัล หรือประมาณ 50 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (สมอ., 2533ข) พบว่า คอนกรีตบล็อกที่ไม่ผสมเศษต้นมันสำปะหลัง (อัตราส่วน C0) และคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง (อัตราส่วน C0.1 และ C0.3) เป็นอัตราส่วนที่สามารถผ่านค่าตามที่มาตรฐานกำหนดได้

3.5 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน

ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (K) เป็นคุณสมบัติที่แสดงถึงความสามารถในการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของวัสดุต่างๆ โดยวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำจะมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีกว่าวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูง ทั้งนี้ ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกที่ผสมและไม่ผสมเศษต้นมันสำปะหลัง สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 31



รูปที่ 31 ผลการทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง

จากผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกที่ผสมและไม่ผสมเศษต้นมันสำปะหลัง ทั้ง 6 อัตราส่วน ในรูปที่ 31 พบว่า เศษต้นมันสำปะหลังที่ผสมลงในคอนกรีตบล็อกมีผลต่อการลดลงของค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน หรือมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีขึ้น เนื่องจากเศษต้นมันสำปะหลังเป็นวัสดุที่มีความพรุนของเนื้อหรือช่องว่างจำนวนมาก ซึ่งเป็นลักษณะของวัสดุที่มีความเป็นฉนวนป้องกันความที่ดี (ธนัญชัย และคณะ, 2549; ปราโมทย์ และกิตติพงษ์, 2557) โดยคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลังอัตราส่วน C1.2 ซึ่งมีปริมาณเศษต้นมันสำปะหลังมากที่สุด เป็นคอนกรีตบล็อกที่มีสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน C0.9 C0.6 C0.3 C0.1 และอัตราส่วน C0 ซึ่งไม่มีเศษต้นมันสำปะหลัง เป็นคอนกรีตบล็อกที่มีสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูงที่สุดตามลำดับ

3.6 การใช้งานจริง

จากการคัดเลือกคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลังอัตราส่วน C0.3 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่มีคุณสมบัติผ่านตามมาตรฐาน มอก.57-2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก ชั้นคุณภาพ 1-ค ใช้สำหรับกำแพงภายนอก ทั้งต่ำกว่าและเหนือระดับดิน โดยต้องมีการป้องกันความเสียหายเนื่องจากลมฟ้าอากาศ และใช้ทั่วไปสำหรับกำแพงภายในกำหนด ทำการทดลองก่อสร้างเป็นผนังอาคารขนาด 2.5 x 2.5 เมตร สูง 2.5 เมตร พร้อมทั้งใช้ปูนก่อทั่วไป เก็บข้อมูลการก่อสร้างทุกขั้นตอน พร้อมทั้งพิจารณาการแตกร้าวของปูนก่อที่ก่อลงบนคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง ดังรูปที่ 32 ถึง 34 พบว่า คอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง สามารถใช้ก่อเป็นผนังอาคารได้เช่นเดียวกับคอนกรีตบล็อกทั่วไปในท้องตลาด โดยไม่มีการแตกร้าว และสามารถทุบแบ่งเป็นก้อนขนาดเล็กได้ตามต้องการ ซึ่งข้อดีของคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง คือ ความหนาแน่นหรือน้ำหนักต่อก้อนที่เบากว่าคอนกรีตบล็อกปกติ ร้อยละ 11.11 และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ลดลง ร้อยละ 29.03 โดยที่การดูดกลืนน้ำ และความต้านทานแรงอัดยังคงผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด

รูปที่ 32 โครงสร้างอาคารขนาด 2.5 x 2.5 เมตร สูง 2.5 เมตร
สำหรับก่อผนังด้วยคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง

รูปที่ 33 การทดลองก่อผนังอาคารด้วยคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง

รูปที่ 34 ผนังอาคารที่ก่อด้วยคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง

4. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากผลการดำเนินงานวิจัยเรื่อง “การใช้เศษต้นมันสำปะหลังเป็นมวลรวมน้ำหนักเบาสำหรับผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก” สามารถสรุปผลและข้อเสนอแนะได้ ดังนี้

4.1 สรุปผล

จากวัตถุประสงค์ของโครงการที่ต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภทไม่ควบคุมความชื้นที่มีส่วนผสมของเศษต้นมันสำปะหลังตามมาตรฐาน มอก.57-2533 พบว่า เศษต้นมันสำปะหลัง สามารถใช้เป็นมวลรวมแทนที่หินฝุ่นได้ โดยการเพิ่มปริมาณเศษต้นมันสำปะหลังจะส่งผลต่อความหนาแน่นหรือน้ำหนักต่อก้อนที่ลดลง ความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีขึ้น ในขณะที่ค่าการดูดกลืนน้ำและความต้านทานแรงอัดยังคงผ่านมาตรฐานได้ สำหรับกระบวนการผลิตคอนกรีตบล็อกผสมเศษต้นมันสำปะหลัง สามารถใช้ขั้นตอนการผลิตและเครื่องจักรได้เช่นเดียวกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป แต่จะมีขั้นตอนการย่อยและคัดขนาดของเศษต้นมันสำปะหลังเพิ่มเข้ามา เริ่มจากการนำเศษต้นมันสำปะหลังมาย่อยและร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 จากนั้นผสมเข้ากับปูนซีเมนต์ เถ้าแกลบ หินฝุ่น สารลดน้ำประเภท A และน้ำประปา นำด้วยเครื่องผสมคอนกรีตจนเข้ากัน แล้วจึงอัดขึ้นรูปเป็นคอนกรีตบล็อกด้วยเครื่องอัดคอนกรีตบล็อกแบบสั่นเขย่า บ่มทิ้งไว้ 28 วัน ได้คอนกรีตบล็อกที่มีคุณสมบัติตามที่มาตรฐาน มอก.57-

2533 ชั้นคุณภาพ 1-ค เรื่องคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก สำหรับใช้ก่อสร้างกำแพงภายนอก ทั้งต่ำกว่าและเหนือระดับดิน โดยต้องมีการป้องกันความเสียหายเนื่องจากลมฟ้าอากาศและใช้ทั่วไปสำหรับกำแพงภายใน ทั้งนี้ อัตราส่วนของเศษต้นมันสำปะหลังที่เหมาะสมในการผลิตคอนกรีตบล็อก คือ อัตราส่วน C0.3 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่มีปริมาณของเศษต้นมันสำปะหลังสูงที่สุด ในขณะที่ยังมีคุณสมบัติผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.57-2533 กำหนด โดยอัตราส่วนผสม ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่1: เถ้าแกลบ: หินฝุ่น: เศษต้นมันสำปะหลัง: สารลดน้ำประเภท A: น้ำประปา เท่ากับ 0.7: 0.3: 9.7: 0.3: 0.02: 0.6 โดยน้ำหนัก และมีคุณสมบัติ ได้แก่ ค่าความหนาแน่น 1,874.93 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าการดูดกลืนน้ำร้อยละ 11.36 หรือ 213.08 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความต้านทานแรงอัด 4.76 เมกะพาสคัล สัมประสิทธิ์การนำความร้อน 0.242 วัตต์ต่อเมตร.เคลวิน และสามารถใช้ก่อสร้างเป็นผนังได้เช่นเดียวกับคอนกรีตบล็อกทั่วไปโดยไม่มีปัญหาการแตกร้าว พื้นผิวยึดเกาะกับปูนมอร์ต้าร์ได้ดี และสามารถทุบแบ่งเป็นก้อนขนาดเล็กได้ตามต้องการ

4.2 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาวิจัยต่อไป ควรมีการพัฒนาคอนกรีตบล็อกให้มีค่าการดูดกลืนน้ำต่ำลง และมีความต้านทานแรงอัดสูงขึ้น เพื่อให้สามารถผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.57-2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น และชั้นคุณภาพที่สูงกว่าชั้น 1-ค ได้

5. เอกสารอ้างอิง

กรมการค้าต่างประเทศ. 2555. **มันสำปะหลังกับวิถีชีวิตคนไทย**. สำนักบริหารการนำเข้าส่งออกสินค้าทั่วไป กรมการค้าต่างประเทศ. กรุงเทพฯ.

ชัชวาล เศรษฐบุตร.2552. **ปูนซีเมนต์และการประยุกต์ใช้งาน**. บริษัท ปูนซีเมนต์ไทยอุตสาหกรรม จำกัด. กรุงเทพฯ.

ธนัญชัย ปคุณวรกิจ พันธุดา พุฒิไพโรจน์ วรธรรม อุ่นจิตติชัย และพรรณจิรา ทิศาวิภาต. 2549. ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของฉนวนอาคารจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. **วารสารวิจัยและสาระสถาปัตยกรรม/การผังเมือง 3(4)**: 119 – 126.

บุรฉัตร วิริยะ. 2544. **การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของวัสดุพืชแห้งและเส้นใยแก้ว.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา.

บุรฉัตร ฉัตรวีระ และเชิดพงศ์ วิสารทานนท์. 2545. การใช้เถ้าแกลบในงานคอนกรีต. **เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการเรืองความเป็นเลิศด้านวิศวกรรมแห่งอนาคต**. กรุงเทพมหานคร. หน้า 178-190.

ประชุม คำพุฒ.2550.**รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์การศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตบล็อกที่มีการผสมน้ำยางพารา**. โครงการวิจัยแห่งชาติ: ยางพารา ฝ่ายอุตสาหกรรม สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).กรุงเทพฯ.

ปราโมทย์ วีรานุกูล และกิตติพงษ์ สุวีโร. 2557. การใช้น้ำยางธรรมชาติพัฒนาคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน. **เอกสารประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6 (6th RMUTNC)**. 23 - 25 กรกฎาคม 2557. อาคารเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์หันตรา. พระนครศรีอยุธยา.

ปราโมทย์ วีรานุกูล และกิตติพงษ์ สุวีโร. 2558. การพัฒนาแผ่นซีเมนต์บอร์ดจากเถ้ากะลามะพร้าวสำหรับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม. **เอกสารประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติ**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 7 (7th RMUTNC). 1 - 3 กันยายน 2558. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน. นครราชสีมา.

ปริญญา จินดาประเสริฐ และชัย จาตุรพิทักษ์กุล. 2555. **ปูนซีเมนต์ ปอซโซลาน และคอนกรีต**.พิมพ์ครั้งที่ 7.สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ.

ผกามาศ ชูสิทธิ์ ภาณุเดช ขัดเงางาม และกิตติพงษ์ สุวีโร. 2559.แผ่นผนังไม้เทียมที่ทำจากต้นมันสำปะหลังเหลือทิ้งผสมซีเมนต์. **วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต 4(3):** 339 – 349.

พงษ์ธรแซ่อุย และชาคริต สิริสิงห.2550. **ยาง กระบวนการผลิตและทดสอบ**. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค). กรุงเทพฯ.

วราภรณ์ ขจรไชยกูล. 2544. อุตสาหกรรมการผลิตยางธรรมชาติ.**เอกสารประกอบการบรรยายหลักสูตร Process and cleaner Technology in the Rubber Industry**.สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

วราภรณ์ ขจรไชยกูล. 2549. **ยางธรรมชาติ: การผลิตและการใช้งาน**.ห้างหุ้นส่วนจำกัด ซีโน ดีไซน์. กรุงเทพฯ.

วัชระ เพิ่มชาติ. 2548.**อิฐมวลเบาจากเถ้าแกลบ.รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์.**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.กรุงเทพฯ.

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร.2545.**สถิติการเกษตรแห่งประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2544/45เล่มที่ 43.** สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.กรุงเทพฯ.

สิทธิชัย ศิริพันธุ์ พิทักษ์ บุญนุ่น กิจถาวร โลหะ และอนุรักษ์ กำเนิดว้ำ. 2548. การใช้ยางธรรมชาติเพื่อพัฒนางานคอนกรีต.**เอกสารการประชุมวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 10**. ชลบุรี. หน้า MAT-205 – MAT-210.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.).2533ก. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก**. กระทรวงอุตสาหกรรม.กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.).2533ข. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.57-2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก**. กระทรวงอุตสาหกรรม.กรุงเทพฯ.

เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์. 2548. **เทคโนโลยีของยาง**. ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.กรุงเทพฯ.

ห้างหุ้นส่วนจำกัด วงกลม. 2559. การใช้งานอิฐบล็อกแต่ละประเภท มีการเลือกใช้อย่างไรบ้าง. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.wkblock.com/block-talk/ (9 กรกฎาคม 2559)

American Society for Testing and Materials (ASTM). 2010. **Annual Book of ASTM Standards**. ASTM. Philadelphia.

Blow, C.M. and Hepburn C. 1982. **Rubber Technology and Manufacture**. Second Edition. Butterworth Scientific.London.

Craig, A.S. 1969. **Dictionary of Rubber Technology**.Newnes-Butter Worths. London.

Muniandy, Em.V. 1998. Concentrate Production, Factory Operation and Maiantenance in Latex Concentrate &Prevulcanised latex. **Training Manual**. Malaysian Rubber Board. Malaysia.

Ohama, Y. 1987. Principle of Latex Modification and Some Typical Properties of Latex-Modified Mortars and Concretes. **ACI Materials Journal 84**: 511 – 518.